Le Blé en Tunisie

VOL. II

LES ENNEMIS DU BLÉ

SOUS LA DIRECTION
DE
F. BŒUF
CHEF DU SERVICE BOTANIQUE ET AGRONOMIQUE

***

C'est surtout parmi les champignons que se trouvent les principaux parasites végétaux du Blé qui est sujet à de graves *maladies cryptogamiques*, connues sous les noms de rouilles, charbons, caries, piétins, etc.

Les dommages causés par ces maladies sont fonction de la susceptibilité des variétés de Blé et des circonstances favorables au développement des champignons. La création de variétés résistantes est l'un des principaux objectifs de la Génétique; mais il n'existe pas de variétés réellement immunes et le rôle du phytopathologiste, pour l'étude de la biologie des champignons parasites et la recherche de traitements préventifs ou curatifs propres à réduire leurs dégâts, reste très important.

M. PETIT, Chef de Travaux au Service Botanique et Agronomique, expose, dans la deuxième partie de ce volume, l'ensemble de nos connaissances actuelles sur les Maladies cryptogamiques du Blé en Tunisie et, dans deux chapitres additionnels, le résultat de ses études sur la toxicité des anticryptogamiques pour les parasites des céréales et sur l'action du soufre et du soufre cuprique pour le traitement des caryopses des céréales.

Un deuxième chapitre est consacré, par M. CHABROLIN, à la revue des travaux relatifs à l'hétérothallisme des Urédinées. La découverte récente de l'existence, chez ces champignons, de thalles de sexes différents et de la possibilité de l'hybridation entre des races différentes, éclaire la biologie des rouilles et oriente dans de nouvelles voies la recherche des moyens de lutte à opposer à ces dangereux parasites.

***

De nombreuses espèces animales, surtout des insectes, vivent aux dépens du Blé et prélèvent un tribut, parfois très lourd, sur les récoltes. Les parties souterraines et les parties aériennes de la plante sur pied, les grains après leur récolte, la farine, sont la proie de ces dévastateurs. Il importe de les connaître et d'opposer à leur pullulation tous les moyens reconnus efficaces.

Nous devons à la collaboration de M. PAGLIANO, Directeur de l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis, Professeur de Zoologie et d'Entomologie agricoles, la partie de cet ouvrage se rapportant aux animaux nuisibles au Blé, y compris les belles planches dont il a illustré son mémoire et qui seront très utiles aux agriculteurs pour la détermination des ennemis de leurs récoltes. Nous lui sommes tout particulièrement reconnaissant d'avoir bien voulu participer à la rédaction de ce volume.

*
* *

Malgré tant d'ennemis, la culture du Blé est partout en progrès quant à l'augmentation des rendements et de la qualité. C'est dire que l'agriculteur n'a pas lieu de s'effrayer de la lutte à soutenir pour défendre ses récoltes. Il doit être averti des risques que courent ses cultures, être vigilant dans la surveillance de ses champs et de ses greniers, éviter tout retard et toute négligence dans l'application des traitements ou dans l'emploi des autres moyens de défense. Nous souhaitons que ce volume consacré aux ennemis du Blé facilite sa tâche et contribue à lui assurer le légitime profit de ses cultures.

Ce serait la meilleure récompense des Auteurs, auxquels le Chef du Service Botanique et Agronomique exprime ses remerciements pour leur collaboration à la Monographie du Blé en Tunisie.

Un troisième volume sera consacré à l'étude de la valeur industrielle des Blés.

Ariana, le 1er août 1935.

Le Chef du Service Botanique et Agronomique,

F. BOEUF.

Malgré tant d'anomalies, la culture du Blé est parfois en progrès quant à l'augmentation des rendements et de la qualité. Il est donc [illegible] que l'agriculteur n'a pas [illegible] à la suite [illegible] pour [illegible] ses variétés. Il était [illegible] que [illegible] les cultures, des variétés dans la [illegible] de ses champs et de ses greniers, [illegible] dans l'application [illegible] des [illegible] de [illegible]. Nous [illegible] que ce volume [illegible] aux [illegible] du Blé [illegible] à lui assurer le [illegible] profit de ses cultures.

Le travail la meilleure [illegible] des Auteurs, [illegible] le Chef du Service Botanique et Agronomique, [illegible] remercie [illegible] pour leur collaboration à la Monographie du Blé en Tunisie.

Un deuxième volume sera consacré à l'étude de la valeur boulangère des Blés.

Ariana, le 1er août 1932.

Le Chef du Service Botanique et Agronomique

F. BOEUF.

CH. CHABROLIN

LES MAUVAISES HERBES

SOMMAIRE

LES MAUVAISES HERBES

Les conditions favorables au développement des céréales sont favorables aussi au développement de tout un cortège de plantes spontanées. La lutte contre les mauvaises herbes est donc l'une des préoccupations permanentes de tout bon agriculteur; elle est la condition *sine qua non* de tout progrès cultural.

Les plantes messicoles les plus importantes sont peu nombreuses. Certaines sont des espèces cosmopolites qui accompagnent partout les céréales. Quelques-unes sont limitées à la région méditerranéenne et intéressent tout particulièrement le Nord de l'Afrique. Il ne sera question ici que de celles dont le développement est préjudiciable aux cultures de Blé en Tunisie.

A. — ESPÈCES PRINCIPALES

I. — PLANTES ANNUELLES

Ravenelle — Lebsen — Jourjira — Lefta (1) — (*Raphanus Raphanistrum*) (I, 1 à 6) (2). — C'est une Crucifère très commune, bien caractérisée par ses fleurs blanches nervées de violet (I, 2). Ses longs fruits cylindriques, amincis au sommet (I, 1), sont formés par des articles successifs qui se séparent aisément les uns des autres à maturité. Chaque article renferme une graine logée dans une coque fortement lignifiée (I, 3 et 4). Lorsque la graine germe, la coque se fend en deux suivant un plan bien défini. La jeune plantule possède des feuilles cotylédonaires en cœur, identiques à celles des plantules de

(1) Comme les noms français, les noms indigènes s'appliquent souvent indistinctement à différentes espèces voisines. Pour une même espèce, ils varient aussi d'une région à l'autre. Ils ne sont fournis ici qu'à titre indicatif.

(2) Les indications formées d'un chiffre romain suivi de un ou plusieurs chiffres arabes se rapportent respectivement aux numéros des planches et aux numéros des figures dans chaque planche.

Rapistre (II, 5). Les autres feuilles (I, 6), lobées à leur base, sont hérissées de poils épars qui les rendent rudes au toucher.

Les graines de Ravenelle germent dès l'automne, en même temps que germe le Blé. Peu sensible au froid, la plante se développe pendant tout l'hiver, étouffant la céréale. Elle fleurit de bonne heure, dès Février dans la région de Tunis, et ses fruits, mûrs bien avant la moisson, tombent sur le sol. Lorsque le Blé épie, la plante a presque disparu. Elle gêne donc la Céréale au début de son développement, au moment du tallage en particulier.

Rapistre — (*Rapistrum orientale*) (II, 1 à 5). — Cette Crucifère est bien différente de la Ravenelle par son aspect à complet développement. En Mai, c'est une grande plante qui atteint couramment un mètre de hauteur et dont l'inflorescence très ramifiée domine nettement la Céréale. Ses petites fleurs jaunes sont réunies en grappes serrées (II, 1). Ses fruits, très caractéristiques, sont formés d'un article globuleux, à surface rugueuse, que surmonte le style persistant (II, 2 et 3). Cet article renferme une seule graine (II, 4), que protège une coque lignifiée. Les plantules de Rapistre (II, 5) sont identiques à celles de Ravenelle. Les deux plantes sont donc couramment confondues à l'état jeune et, en Tunisie, elles sont assez souvent désignées sous le nom impropre de Moutarde. La Moutarde des champs (*Sinapis arvensis*) est peu commune en Tunisie dans les terres à céréales.

Fumeterre — Sibana — (*Fumaria agraria* et *F. parviflora*) (III, 1 et 2). — Les Fumeterres sont de petites plantes à tiges grêles, à feuilles finement divisées et le plus souvent d'un vert grisâtre. Deux espèces poussent communément dans les céréales : *Fumaria agraria* a des feuilles d'un vert franc à larges divisions (III, 2) et des fleurs violettes de $1^{cm}5$ de long environ; *Fumaria parviflora* a par contre des feuilles d'un vert cendré, divisées en fines lanières (III, 1), et des fleurs petites et blanchâtres. Dans les deux espèces, les fruits sont globuleux et renferment une seule graine. Les plantules ont de longues feuilles cotylédonaires entières, planes, étalées (III, 2). Elles poussent pendant tout l'hiver et gênent le tallage de la Céréale. Par la suite, leurs tiges grêles, herbacées, ne leur permettent pas de s'élever et elles se laissent aisément dominer.

Coquelicot — Bou gar'oun — (*Papaver Rhoeas*) (III, 3 et 4). — Cette plante cosmopolite, qui est le type des plantes messicoles, n'a pas besoin d'être décrite. Ses capsules sont bourrées de graines minuscules élégamment réticulées (III, 4) qui ont moins de 1^{mm} de long. Leur germination donne naturellement naissance à des plantules à

peine visibles, à toutes petites feuilles cotylédonaires ovoïdes. Ces plantules apparaissent au début de l'hiver et se développent d'abord lentement, donnant des feuilles successives de plus en plus développées, étalées en rosette à la surface du sol. Les premières feuilles sont entières (III, 3, à droite), puis se forment des feuilles à peine dentées et enfin des feuilles à limbe profondément denté ou même divisé, semblables aux feuilles de la plante adulte (III, 3, à gauche). Les feuilles les plus anciennes disparaissent au fur et à mesure que des nouvelles se forment. Aussi, ces plantules de Coquelicot ont des aspects très variables suivant les phases de leur développement, et il est souvent difficile de les identifier lorsqu'elles sont très jeunes.

Le développement du Coquelicot dans les champs de Blé est très capricieux. Les invasions sont passagères et imprévues. On les explique souvent en faisant intervenir un apport de graines par les eaux de ruissellement. La prolificité de la plante permet pourtant, dans la plupart des cas, d'expliquer ces levées massives sans faire intervenir aucun apport de graines étrangères.

Mélilot — Aujrouda — (*Melilotus sulcata*) (IV, 1, 2, 3 et 5). — Légumineuse annuelle à feuilles trifoliées, le Mélilot est une plante à tiges dressées portant, à l'aisselle de chaque feuille, des grappes de petites fleurs jaunes (IV, 1). Les petites gousses ovoïdes, dont la surface est creusée de sillons concentriques, renferment une seule graine (IV, 2 et 3) à téguments imperméables à l'eau (graines dures). Comme les graines de Holba (Fenugrec), les graines de Mélilot peuvent communiquer à la farine une odeur et une saveur particulières.

Dans les cultures de Céréales, le Mélilot germe à l'automne ou au début de l'hiver. Aux feuilles cotylédonaires ovoïdes fait suite une feuille formée d'une seule foliole. Les feuilles suivantes sont toutes trifoliées (IV, 5).

Une espèce voisine, *Melilotus infesta*, se développe dans les terrains frais. Ses fleurs sont nettement plus grandes et ses gousses, un peu plus grandes, ont des plis moins serrés (IV, 4). Elle est beaucoup moins commune que *M. sulcata*. Les agriculteurs tunisiens désignent assez souvent ces deux espèces sous le nom impropre de Minette; la Minette, Légumineuse fourragère des pays tempérés, ne se rencontre à l'état spontané qu'en Kroumirie. Elle ne fait donc pas partie de la flore des terres à Céréales en Tunisie.

Légumineuses diverses. — Beaucoup de Légumineuses annuelles se développent dans les cultures de Céréales et peuvent, à l'occasion, se montrer envahissantes. Les plus communes sont :

La Gesse à fleurs jaunes (*Lathyrus ochrus*), à tiges ailées et à feuil-

les terminées par des vrilles. Ses graines, gris-brun, d'aspect pruineux, ont les dimensions et l'aspect d'une graine de pois.

La Vesce de Narbonne (*Vicia Narbonensis*). C'est une Vesce à larges folioles qu'on rencontre dans les bonnes terres fraîches.

Différentes espèces de Luzernes sauvages (Nefla) (*Medicago scutellata*, *M. ciliaris*, *M. lappacea*, etc.). Leurs fruits, enroulés en spirale, sont lisses ou bordés d'épines crochues. Chacun d'eux renferme une dizaine de graines à téguments imperméables, qui restent dans le fruit à maturité. Ces Luzernes sauvages, à tiges grêles et couchées sur le sol, sont facilement dominées par le Blé. Elles le gênent pourtant au début de son développement.

Faux-Fenouil — Chômeur — Tchoumeur — Chebet — (*Ridolfia segetum*) (V, 1 à 5). — C'est une Ombellifère annuelle à grandes feuilles divisées en fines lanières, qui rappellent les feuilles du Fenouil cultivé, dont la plante entière a l'odeur. A la racine pivotante fait suite une forte tige creuse, ramifiée dans sa partie supérieure (V, 1). Toutes ces ramifications se terminent par de grandes ombelles de fleurs jaunes qui dominent de haut le Blé en épi. Les graines minuscules se détachent de l'ombelle dès qu'elles sont mûres (V, 2). Un seul pied fournit couramment 2.000 à 3.000 graines. Un pied vigoureux peut en donner 42.000 **(17)** [1]. A ce point de vue, le Faux-Fenouil est à rapprocher du Coquelicot.

La germination des graines commence de bonne heure à l'automne. Les premières levées sont contemporaines de celles du Blé. Cette germination se poursuit pendant l'hiver, favorisée par des pluies abondantes. Elle est certainement terminée fin Janvier et le gros de la levée doit se produire le plus souvent fin Décembre, début Janvier. La germination du Faux-Fenouil est donc beaucoup plus précoce que ne le supposent les agriculteurs. Les plantules sont d'abord réduites à leurs deux feuilles cotylédonaires filiformes. Progressivement se forment des feuilles presque simples d'abord (V, 3), de plus en plus divisées ensuite (V, 4). Pendant tout l'hiver, la plante a un développement très lent. Elle est dominée par le Blé en herbe et ses caractères sont assez différents de ceux de la plante en plein développement (V, 5). Elle passe donc inaperçue. Mais, dès que la température se relève, sa croissance s'accélère. Les feuilles prennent leurs caractères définitifs et leurs larges gaines emboîtées les unes dans les autres protègent un gros bourgeon terminal (V, 5). C'est en Mars-Avril que la présence du Faux-Fenouil dans les Blés se remarque.

---

(1) Les chiffres arabes en caractères gras renvoient à la bibliographie.

C'est en Mai que l'inflorescence se forme et domine rapidement la Céréale qui épie.

Le Faux-Fenouil est une plante des plaines argileuses et des bas-fonds inondés. Il prend certaines années un très grand développement, et s'il ne gêne pas sensiblement la Céréale en herbe, il l'étouffe par contre au moment de l'épiaison. Aussi, il réduit les rendements dans une très forte proportion et il est très gênant pour la moisson. C'est, pour les terres fortes, la plus dangereuse des plantes messicoles.

Aiguillette ou **Peigne de Vénus** — Mocht ghoula, Mouchita, Mech'ta — (*Scandix Pecten-Veneris*) (VI, 1 à 3). — Cette Ombellifère de petites dimensions a des tiges grêles et des feuilles finement divisées. Ses petites fleurs blanches sont peu visibles. Ses fruits allongés, surmontés d'un long bec, sont très caractéristiques (VI, 1 et 2). Les jeunes plantules ont de longues feuilles cotylédonaires planes et des feuilles à limbe de plus en plus divisé (VI, 3). Elles rappellent les plantules de Fumeterre, mais elles en diffèrent par leurs feuilles vert clair à pétioles et nervures nettement poilus, tandis que les feuilles des *Fumaria* sont toujours glabres.

L'Aiguillette est assez commune. Elle gêne la Céréale en herbe, mais elle se laisse facilement dominer dès que les chaumes commencent à s'allonger.

Souci — Alloucha — (*Calendula arvensis* et *C. Algeriensis*) (VI, 4 à 7). — Ces deux espèces de Soucis poussent en mélange. Ce sont des plantes à tiges étalées qui portent de larges feuilles à peine dentées, embrassantes (VI, 4). Les fleurs sont réunies en capitules dont les ligules de la périphérie sont jaunes (*C. arvensis*) ou orangées (*C. Algeriensis*) et les fleurons du centre jaunes (*C. arvensis*) ou violacés (*C. Algeriensis* en général). Chaque capitule donne des fruits de formes très dissemblables. Ceux de la périphérie sont allongés, hérissés d'aiguillons et prolongés par un bec (VI, 6); ceux du centre sont plus petits, dépourvus d'aiguillons. Certains ont la forme de coupes à bords largement repliés en dedans (VI, 5). Les plantules ont des feuilles entières, à dents espacées à peine marquées (VI, 7). Ces feuilles, assez épaisses, portent des poils courts qui leur donnent un aspect velouté. Elles sont étalées en rosette autour du bourgeon terminal. Les Soucis apparaissent de bonne heure dans les Céréales. Les plantules se développent vigoureusement pendant l'hiver et elles gênent le Blé lors du tallage. Plus tard, la plante se laisse dominer; elle ne tarde pas alors à mûrir ses fruits et à se dessécher.

Chrysanthème — Gaouana — (*Chrysanthemum coronarium*) (VII, 1 à 4). — Cette Composée très commune est bien caractérisée par ses

grands capitules de fleurs à ligules et fleurons jaunes. En terrain fertile, la plante est bien développée, formée de nombreuses tiges dressées (VII, 1). Ses feuilles sont allongées, profondément dentées. Les fruits, très nombreux dans chaque capitule, sont petits, côtelés, ailés ou non (VII, 2). Ils donnent des plantules à petites feuilles cotylédonaires ovoïdes, un peu charnues, auxquelles font suite des feuilles de plus en plus développées, identiques à celles de la plante adulte (VII, 3 et 4). Ces plantules se développent vigoureusement pendant tout l'hiver. Les tiges s'allongent et se ramifient lorsque les chaumes se forment, si bien que le Chrysanthème domine souvent le Blé jusqu'à l'épiaison.

C'est donc une mauvaise herbe envahissante. Elle pousse dans tous les sols, mais se montre particulièrement dangereuse en terre fertile.

Thésium — Nehla — Gonfa — Ourchkina — Mellih — Ouria — Erba santa — (*Thesium humile*) (VIII, 1 à 5). — Le Thésium est une petite plante à tiges ramifiées, à feuilles linéaires un peu charnues. Le long des tiges, à l'aisselle même des feuilles, au-dessus de deux bractées semblables à de petites feuilles, sont des fleurs blanchâtres, peu visibles. Elles cèdent la place à des fruits globuleux (VIII, 2 et 4) — la graine du Thésium — qui tombent au fur et à mesure de leur maturité, avant la moisson pour une bonne part.

Les graines de Thésium germent dans le courant de l'hiver. Les plantules apparaissent dans les Blés courant Décembre et Janvier. Leur sortie est en général terminée fin Janvier. Ces plantules sont bien caractérisées par leurs deux feuilles cotylédonaires dressées, qui ressemblent aux feuilles de la plante adulte (VIII, 5). De nouvelles feuilles ne se forment que très lentement. Le développement de la plante est d'abord lent. Pendant tout l'hiver, la Céréale n'est pas du tout gênée par la présence des plantules de cette mauvaise herbe.

Le Thésium est une plante parasite dont les racines portent de minuscules suçoirs globuleux fixés sur les racines des plantes voisines et en particulier sur les racines du Blé (VIII, 3). Il est incapable de se développer seul, sans plante nourricière. Mais son parasitisme s'exerce aux dépens des végétaux les plus variés, tant cultivés que spontanés (Blé, Orge, Avoine, Fève, Vesce, mauvaises herbes diverses).

Le Thésium ne se développe bien que dans les terres tuffeuses ou dans les terres sablonneuses. Il ne se maintient pas dans les terres fertiles. Là où il est abondant, il provoque le dépérissement des Céréales à partir du mois d'Avril. Il constitue donc pour les Céréales en terrain pauvre une mauvaise herbe très dangereuse.

Trixago ou **Queue d'agneau** — Babous el Krouf, Gonfa, Erba santa

(*Trixago apula*) (IX, 1 à 4). — Il s'agit d'une plante à tige principale dressée, simple ou ramifiée (IX, 1). Ses feuilles sont larges, dentées, régulièrement insérées sur quatre rangs en croix. Les fleurs, à corolle irrégulière, d'un blanc violet ou jaunes (IX, 2), forment une grappe terminale serrée, un peu visqueuse. Chacune d'elles fait place à une capsule globuleuse bourrée de minuscules graines brun clair (IX, 3). En germant, ces graines donnent naturellement une plantule minuscule, à peine visible ($1^{mm}5 \times 0^{mm}6$) (IX, 4). Nées au cours des périodes pluvieuses de l'hiver (Décembre-Janvier), ces plantules ne se développent que lentement; elles passent longtemps inaperçues : ce n'est qu'au printemps, en Avril, qu'on les remarque.

Comme le Thésium, le Trixago est une plante parasite dont les racines portent des suçoirs fixés sur les racines des Céréales. Elle est donc plus préjudiciable au Blé qu'une mauvaise herbe ordinaire. Fort heureusement, elle reste localisée dans les terres fortes, où elle se développe par taches.

Folle-Avoine — Gosbat maboula — Gossiba jalia — Gousseba djeli — (*Avena sterilis*) (IX, 7). — La plante n'est que trop connue de tous les agriculteurs. Ses touffes vigoureuses dominent le Blé à maturité. Ses épillets se détachent dès qu'ils sont mûrs, avant la moisson. Chacun d'eux est formé de trois ou quatre graines qui ne se séparent pas l'une de l'autre (IX, 7).

Pour chaque épillet, la graine inférieure ou externe, la plus grosse, germe en général la première. Les cas de germination simultanée de plusieurs graines d'un même épillet sont pourtant communs. Les plantules ont les caractères des plantules d'Avoine (une ligule, pas d'oreillettes). Dans un Blé semé à la volée, l'importance de la levée de Folle-Avoine est difficile à apprécier. Il n'en est pas de même dans un Blé semé en lignes : toute plantule de Céréale née hors de la ligne peut être tenue pour de la Folle-Avoine.

Ray-grass — Manjour — Menjour — (*Lolium rigidum*) (IX, 5 et 6). — Cette Graminée ressemble beaucoup au Ray-grass des prairies (*Lolium perenne*). On pourrait ne la considérer que comme une variété annuelle de cette plante fourragère, adaptée aux champs cultivés où la sécheresse de l'été ne permet pas à une plante vivace comme le *Lolium perenne* de se maintenir. L'épi est formé d'épillets appliqués contre le rachis, logés à l'aisselle d'une glume unique (IX, 5). La graine reste revêtue de ses glumelles (IX, 6). Les plantules ont les caractères généraux des plantules de Graminées. Elles sont seulement plus grêles que les plantules de Céréales.

II. — PLANTES VIVACES

1. — PLANTES A RHIZOMES

Chiendent — Nejem, Nedjeni, Kraa djeja — (*Cynodon dactylon*). — Le Chiendent se maintient dans le sol grâce à des tiges souterraines ou rhizomes localisés dans les couches superficielles du sol. Ils pénètrent rarement dans les parties compactes du sous-sol que n'ameublissent pas les instruments de culture.

Le Chiendent est une plante à végétation estivale qui prend un grand développement partout où il trouve à cette époque de l'année l'eau nécessaire. La jachère travaillée lui est donc très favorable. Loin de limiter son développement, elle permet plutôt son extension. Le Chiendent, plante des terrains incultes, constitue donc, pour les terres à céréales, une mauvaise herbe très dangereuse. Elle s'y trouve sous forme de plaques d'étendues variables, au niveau desquelles le Blé pousse mal, manquant d'eau et d'éléments nutritifs.

Millepertuis — Hamra — (*Hypericum crispum*). — Ce Millepertuis possède une tige principale dressée, courte, mais très ramifiée. Les ramifications latérales sont enchevêtrées les unes dans les autres. Toutes donnent des fleurs jaunes fugaces. Puis, en été, les organes aériens de la plante se dessèchent et prennent une teinte brun rougeâtre.

Le Hamra possède des rhizomes profonds qui atteignent couramment 1^{m}. Dans certaines conditions, ils peuvent pénétrer jusqu'à 3^{m} (Fleury du Sert). Ces rhizomes, qui ont 1 à 2^{cm} de diamètre, portent des bourgeons d'où dérivent au printemps les tiges aériennes toujours grêles. Les façons aratoires mêmes profondes coupent ces pousses feuillées, mais n'atteignent pas les parties les plus importantes des organes souterrains. Elles n'ont donc qu'un effet transitoire.

Les pousses feuillées de ce Millepertuis sont toxiques pour le Mouton et provoquent chez ce dernier, sous l'influence de la lumière solaire, une intoxication générale grave, avec lésions cutanées **(6, 25).**

Le Hamra se rencontre dans la plupart des terrains. Il préfère pourtant les terres de coteaux. Il n'est pas très préjudiciable aux cultures de Céréales; son importance agricole tient surtout à sa toxicité pour les animaux.

Liseron — Mahboula — (*Convolvulus arvensis*) (X, 3). — Le Liseron est à rapprocher du Millepertuis quant à sa biologie. Il possède en effet tout un système de tiges souterraines grêles qui s'enfoncent

profondément dans le sous-sol. Ses tiges aériennes, herbacées, sont étalées à la surface du sol ou enroulées autour des autres plantes. Ses fleurs, blanches ou rosées, en clochette, sont bien caractéristiques (X, 3).

Comme le Chiendent, le Liseron se développe par taches. La jachère cultivée lui permet de végéter vigoureusement pendant l'été en dépit des façons aratoires qui ne le font disparaître que pour quelques jours. C'est donc, pour les terres à Céréales les mieux cultivées, une mauvaise herbe dangereuse qu'il est difficile de faire régresser.

Centaurée sans tige — Tabelaout, Tabeloul, R'jagnou, R'jek — (*Centaurea acaulis*) (X, 1 et 2). — Comme les deux mauvaises herbes précédentes, cette Centaurée possède des rhizomes profonds, d'où se détachent des ramifications verticales que termine une rosette de grandes feuilles veloutées, étalées sur le sol. Le limbe des premières feuilles est entier. Celui des feuilles suivantes est profondément divisé vers sa base (X, 1). Au centre de la rosette de feuilles se forment, au début de l'été, un petit nombre de gros capitules épineux portés par de courts pédoncules (X, 1). Les graines que renferment ces capitules à maturité sont brunes, luisantes. Elles sont surmontées d'une courte aigrette de soies brunes (X, 2).

Cette Centaurée se développe par taches dans tous les terrains. Elle est abondante dans certaines régions. Ses rhizomes fournissent une couleur jaune utilisée dans les tanneries indigènes pour la teinture du cuir.

Laiteron vivace — Tifef, Difaf — (*Sonchus Mauretanicus*) (XI, 1 et 2). — Ce Laiteron vivace, à rhizomes profonds, est une espèce nord-africaine très voisine du *Sonchus arvensis*, espèce européenne à laquelle on peut le rattacher au point de vue agricole. Ses feuilles glauques ont des dents aiguës, presque épineuses. Elles sont d'abord étalées en rosette à la surface du sol. Au printemps, une forte tige dressée se forme, dont les ramifications portent des capitules de fleurs jaunes (XI, 1). Les fruits, petits, aplatis et côtelés, sont surmontés d'une aigrette de fines soies blanches (XI, 2).

Ce Laiteron se rencontre aussi bien dans les terres profondes de plaine que dans les terres tuffeuses de coteau où, comme toutes les plantes vivaces, il se développe par taches.

2. — PLANTES A BULBES

Oxalis — Qorriça — (*Oxalis cernua*) (XI, 3, 4 et 6). — Cette plante, originaire de l'Afrique du Sud, est bien acclimatée dans le Bassin

méditerranéen. Longtemps localisée dans les parcs, dans les jardins, le long des haies où elle est apportée avec les plants d'arbres ou d'arbustes venant de pépinières envahies, elle tend à envahir les terres à Céréales, où elle devient une mauvaise herbe dangereuse dont il est difficile de se défaire.

La plante, bien caractérisée par ses feuilles à trois folioles et par ses grandes fleurs jaunes groupées sur de longues hampes (XI, 3), possède des bougeons souterrains charnus, ou bulbilles, qui constituent ses organes de reproduction et de conservation habituels. Ces bulbilles piriformes, recouvertes de tuniques brunes, mesurent de 0^{cm} 6 à 2^{mc} 5 de long pour 0^{cm} 3 à 1^{cm} de diamètre (en moyenne $1^{cm} 5 \times 0^{cm} 7$). Elles naissent le long des parties souterraines de la tige (XI, 6). Cette dernière se termine par un long tubercule translucide qui pénètre profondément dans le sous-sol. Lorsqu'il se vide de son contenu, ce tubercule se ratatine progressivement et il attire à lui le chapelet de bulbilles récemment formées qui le surmonte (XI, 6). Les bulbilles de l'Oxalis se répartissent donc dans une épaisse couche de terre. On en trouve couramment à 50^{cm} de profondeur, même si le sol n'a jamais reçu de labours dépassant 25^{cm}.

Les bulbilles germent dès les premières pluies d'automne qui détrempent fortement le sol. La plante végète pendant tout l'hiver et mûrit ses nouvelles bulbilles au début de l'été, dès que le sol commence à se dessécher. Les bulbilles se forment avec la plus grande facilité. Il s'en développe par exemple sur des plantes vigoureuses coupées, superficiellement enfouies ou abandonnées à la surface du sol en milieu humide. Cette faculté rend la destruction de l'espèce particulièrement difficile.

Les fleurs de l'Oxalis apparaissent en Février-Mars. Elles restent en général stériles et disparaissent rapidement. Ducellier, en Algérie, a pourtant signalé la formation de graines en petit nombre dans quelques capsules **(15, 16)**. Le même fait a été observé à Tunis, où il est plus régulier qu'on ne le croit, mais il passe facilement inaperçu. Ces graines (XI, 4) germent aisément sur terreau et, avec de la patience, on arrive à trouver quelques plantules issues de graines, à feuilles cotylédonaires bien apparentes, dans les peuplements d'Oxalis de la région de Tunis. Certaines années, ces graines se forment en abondance dans des capsules normalement développées (Bœuf, com. or.). Les bulbilles suffisent à assurer largement la multiplication de l'espèce, mais les graines jouent peut-être, dans sa dissémination, un rôle qu'il ne faudrait pas négliger (**12**bis).

Carum — Talaghouda — (*Carum incrassatum*). — Cette Ombellifère possède un tubercule arrondi, irrégulièrement bosselé, de couleur

brune, qui mesure de 5 à 6^{cm} de diamètre (exceptionnellement 15^{cm}). Du tubercule naissent un petit groupe de feuilles à long pétiole souterrain, dont le limbe très divisé, d'aspect vernissé, est étalé à la surface du sol. Au début de l'été, le tubercule donne naissance à une tige rigide, dressée, courte, dont les ramifications portent des ombelles de fleurs blanches. Les graines constituent le seul organe de multiplication de l'espèce. Les tubercules ne jouent qu'un rôle de conservation. Aussi, en terrain cultivé, les facultés de propagation du Carum sont limitées et la destruction des tubercules entraîne sa disparition.

Plantes bulbeuses diverses. — Dans les terres sablonneuses, un peu partout en Tunisie, se rencontre une Composée à bulbes souterrains, le *Crepis tuberosa*. Ses tubercules ont l'aspect de minuscules pommes de terre. La plante se développe par taches au niveau desquelles elle couvre complètement le sol et étouffe la Céréale pendant l'hiver.

Dans les terres de plaine, surtout dans les terres fortes et humides, poussent toute une série de Monocotylédones bulbeuses. L'une des plus communes est l'Arum ou Gouet d'Italie (Bidh goula, Sabat el Dib) (*Arum Italicum*), bien reconnaissable à ses grandes feuilles à limbe en fer de lance, à ses inflorescences entourées d'une bractée verdâtre en cornet, à ses fruits rouges groupés en un épi cylindrique court. Le Narcisse (Aouinet fellous) (*Narcissus Tazetta*) à belles fleurs blanches, différentes espèces d'Ail, d'Ornithogale, de Muscari sont également fréquentes. Elles n'ont qu'une importance secondaire.

B. — BIOLOGIE DES MAUVAISES HERBES ANNUELLES

Des procédés méthodiques de destruction des plantes messicoles ne peuvent être solidement étayés que par la connaissance précise de leur biologie. Malgré des recherches nombreuses, les connaissances sur cette question sont encore très incomplètes et elles laissent surtout apparaître l'extrême complexité du sujet. Il faut donc regretter de ne pouvoir donner à ce chapitre toute l'importance et toute la précision qu'il devrait comporter.

FORMATION DES GRAINES

Pour les plantes annuelles, les graines assurent à la fois la multiplication et la conservation de l'espèce.

Les plantes messicoles sont toutes à fructification précoce. Leurs graines sont mûres avant la Céréale dans laquelle elles se développent, au plus tard en même temps. La plupart tombent sur le sol avant ou pendant la moisson. Les champs s'ensemencent donc naturellement, en dehors de toute intervention de l'homme. Pour toutes les espèces, une certaine proportion de fruits mûrs reste sur la plante. Ils libèrent leurs graines au battage. Si la batteuse est fixe, ces graines, qui passent avec les déchets, devraient être détruites. L'agriculteur saura de toute façon éviter de les ramener dans ses champs, même incorporées à du fumier ou à des composts où elles se conservent vivantes. Si la moisson est faite à la moissonneuse-batteuse, ces graines sont pour la plupart dispersées dans le champ et s'ajoutent à celles qui sont déjà spontanément tombées. Il y a intérêt à les récolter, dans toute la mesure du possible, pour éviter tout au moins une extension rapide des surfaces enherbées.

Le Blé fourni par la batteuse renferme toujours différentes graines de mauvaises herbes, que les cribles n'arrirent pas à séparer ou ne séparent que très imparfaitement. Il en renferme d'autant plus que la culture était plus sale. S'il est livré à la meunerie, ces impuretés vivantes constituent un déchet qui déprécie le grain. La présence de graines de Mélilot (VI, 2, 3 et 4) ou de graines de Holba, même en proportion très faible, peut constituer une clause de refus de la marchandise, qui joue naturellement toujours contre l'intérêt de l'agriculteur. Il est bon de se méfier de cette clause, surtout lorsque les cours sont en baisse, d'autant plus que le Mélilot est une mauvaise herbe excessivement commune dans toutes les terres.

Si le Blé doit être utilisé comme semence, un triage s'impose, pour éliminer la plupart des graines de mauvaises herbes qu'il renferme. Pourtant, les graines apportées avec la semence sont peu de chose en comparaison des graines qui sont restées dans le sol, et elles n'auront pas d'effet notable sur l'importance de la levée des mauvaises herbes dans l'année en cours. Le seul intérêt réel de ce triage, c'est d'éviter l'introduction de mauvaises herbes dans un sol propre. Si l'on n'y prend garde, après quelques années seulement, l'apport avec la semence de graines de mauvaises herbes peut être à l'origine de l'envahissement massif d'un sol jusque-là propre.

La plupart des plantes messicoles sont très prolifiques. LAUMONT (36) a observé qu'un seul pied de Chrysanthème (VII, 1) peut donner près de 200.000 graines. Un pied de Coquelicot en produit couramment 50.000. Ces chiffres se rapportent évidemment à des plantes vigoureuses, bien développées; ils ne traduisent qu'une possibilité. Dans les champs de Céréales, le nombre moyen de graines que produit chaque plante est beaucoup plus réduit, quelques dizaines ou quelques

centaines suivant les espèces, rarement quelques milliers. Le nombre de graines de mauvaises herbes qui restent à la surface du sol, après la moisson, n'en est pas moins impressionnant. En Tunisie, on peut voir, certaines années, sur des surfaces importantes, un développement de Faux-Fenouil tel qu'il reste, après la moisson, 450.000 graines par *mètre carré* (d'après le nombre des ombelles récoltées sur un mètre carré d'une parcelle à envahissement *moyen*). DUCELLIER **(17)**, en Algérie, a fourni un chiffre dont l'ordre de grandeur est la même (270.000). Après une culture de Blé très envahie par la Folle-Avoine, on peut récolter, à la surface du sol, de 1.500 à 3.500 épillets par mètre carré (région de Tunis), soit de 4.000 à 10.000 graines (en moyenne 10 à 12 épillets par chaume de Folle-Avoine). Avec la Ravenelle, dans la même région, on a relevé de 1.300 à 2.200 graines par mètre carré.

Ces chiffres, qui se rapportent naturellement à des parcelles très sales, expliquent que le sol renferme un nombre très élevé de graines de mauvaises herbes. SCHRIBAUX **(54)**, dans des recherches devenues classiques, a trouvé 14.000 graines d'espèces diverses par mètre carré dans une terre en bon état cultural et 45.000 dans une terre mal entretenue. En Tunisie, dans des terres à Céréales normales, en assolement biennal Jachère-Blé, les chiffres oscillent entre 4.000 et 20.000. Si l'on compare ces réserves de graines de mauvaises herbes aux 200 ou 250 graines de Blé que l'on sème par mètre carré, on ne peut qu'être effrayé. Fort heureusement, la nature, malhabile, tire un très mauvais parti de ses produits.

CONSERVATION DES GRAINES DANS LE SOL

La germination des graines de mauvaises herbes est très capricieuse. Ce fait, bien établi, a une importance primordiale au point de vue agricole.

Pour qu'une graine de Blé germe, il suffit qu'elle ait à sa disposition, entre des limites de température déterminées, de l'eau et de l'oxygène. Ces mêmes facteurs régissent la germination des graines des plantes spontanées. Mais ils n'interviennent pas seuls. Aussi, les conditions à réaliser simultanément pour qu'une graine de mauvaise herbe germe sont si nombreuses qu'elle peut se conserver dans le sol à l'état de vie latente pendant plusieurs années. Les facteurs dont dépend la germination sont les suivants :

1. — FACTEURS DU MILIEU

La germination ne se produit qu'entre des limites de température définies, variables avec chaque espèce. Aussi, les graines des plantes spontanées ne germent pas indifféremment à toute époque de l'année.

L'oxygène intervient pour limiter la profondeur au-dessous de laquelle une graine donnée ne peut germer. Quant à l'eau, son rôle est si fondamental au cours de la germination de toutes les graines qu'il est inutile de l'exposer.

L'action de la lumière est beaucoup moins connue. Beaucoup de graines sont indifférentes à cette action. Mais un certain nombre y sont sensibles. La lumière favorise la germination des unes, retarde ou s'oppose à celle des autres. Il n'y a pas de règles générales, mais seulement des cas d'espèce **(31, 32, 33, 37)**. Ce rôle de la lumière est complexe et souvent difficile à interpréter au point de vue physiologique.

2. — ETAT DE LA GRAINE

a) **« Graines fraîches » ou Phénomènes d'inhibition primaire.** — Des graines, apparemment mûres, ne sont pas encore physiologiquement capables de germer. Leur embryon ne pourra se développer qu'au bout d'un temps plus ou moins long, après qu'il aura subi des transformations d'ordre physiologique, mal déterminées d'ailleurs. L'exemple des graines de Moutarde est significatif à cet égard (Schribaux, **54**). Le plus fort pourcentage de germination est obtenu avec des graines qui ont séjourné quatre ans dans le sol, sous le climat de Paris. C'est ce même phénomène qui permet sans doute d'expliquer la germination échelonnée des différentes graines d'un même épillet de Folle-Avoine. Libérées de leurs glumelles, les premières graines de chaque épillet germent bien dans le sable l'année de leur récolte, alors qu'on n'obtient dans les mêmes conditions qu'un faible pourcentage de germination avec les deuxièmes ou troisièmes graines. De même, dans un sol où la Folle-Avoine a abondamment grainé en Juin, les plantules qui lèvent à l'automne dérivent en grande majorité de la première graine de l'épillet (sur 100 plantules, 68 sont issues de la première graine, 26 de la deuxième et 6 de la troisième). A l'automne suivant, après une année de jachère cultivée, les proportions sont nettement différentes (51 % des plantules dérivent de la première graines, 39 de la deuxième et 10 de la troisième) **(11)**.

b) **Phénomènes d'inhibition secondaire.** — Le séjour des graines dans le sol humide peut faire apparaître dans l'embryon des produits spéciaux qui s'opposent à son développement. La graine devient provisoirement incapable de germer, toutes les autres conditions nécessaires étant réalisées. Elle se trouve dans le même état physiologique qu'une « graine fraîche ». Ces phénomènes d'inhibition secondaire sont certainement comparables aux phénomènes d'inhibition pri-

maire. Ils ont été mis en évidence chez un certain nombre de graines et notamment chez celles du *Thesium humile*. Ils jouent au point de vue pratique un rôle important par l'obstacle qu'ils opposent à la germination.

c) **« Graines dures » ou imperméabilité des téguments à l'eau.** — Les graines de Légumineuses cultivées ou spontanées des pays secs et chauds ont, à maturité, leurs téguments rigoureusement imperméables à l'eau. On les qualifie de graines dures. Les travaux qui leur ont été consacrés sont très nombreux (**54, 60,** avec bibliographie, **61**). Ces graines peuvent séjourner en milieu humide sans absorber de l'eau. Elles ne germent qu'à la suite de modifications des téguments, qui permettent le passage de l'eau. Pour les graines des espèces cultivées telles que le Sulla, ces modifications sont obtenues par des procédés mécaniques (félures des téguments sous l'influence de chocs ou de frottements) ou en traitant la semence par l'eau chaude. Les modifications que subissent les téguments des graines dures dans le sol ne sont pas connues. Des phénomènes physiques, liés aux variations brusques de température par ex., peuvent être invoqués au même titre que l'intervention des micro-organismes du sol (bactéries et champignons), qui sont les agents habituels de l'humification. Mais l'une et l'autre de ces hypothèses, également logiques et vraisemblables, restent à démontrer.

Parmi les mauvaises herbes importantes pour la Tunisie, les Mélilots et en général toutes les Légumineuses spontanées ont des graines dures. Il est possible que les graines d'autres espèces rentrent dans cette même catégorie.

d) **Graines à enveloppes lignifiées.** — Beaucoup de graines restent entourées par les parois du fruit, qui forment autour d'elles une coque lignifiée très résistante. La Ravenelle, le Rapistre, le Thésium sont dans ce cas. Il faut comparer ces graines à un noyau de cerise ou d'olive. On sait depuis longtemps que certaines d'entre elles germent mieux si elles ne sont pas tout à fait mûres. Les graines de Ravenelle en sont un exemple. L'étude du Thésium montre que cette coque résistante s'oppose mécaniquement au gonflement de la graine, qui ne peut pas absorber assez d'eau. Il suffit de la briser pour provoquer la germination. Dans le sol, les graines du Thésium sont régulièrement envahies, avant leur germination, par les filaments mycéliens de champignons saprophytes banaux qui se développent dans les téguments de la graine sans pénétrer l'albumen. L'intervention de ces champignons est indispensable. En attaquant l'enveloppe résistante de la graine, ils permettent le développement ultérieur de l'embryon.

Par analogie, on peut supposer que toutes les graines entourées par

une coque dure se comportent comme les graines de Thésium. Leur germination dans le sol serait alors conditionnée par l'intervention préalable de micro-organismes divers.

Pour l'une ou l'autre des raisons qui viennent d'être indiquées, les graines de mauvaises herbes vont pouvoir rester dans un sol humide sans germer. Ainsi, à côté de 90 graines de Luzernes sauvages ayant donné des plantules, on en trouve 70 à l'état de repos. De même les essais de germination que l'on réalise dans du sable, de la terre ou du terreau donnent rarement un pourcentage de germination qui dépasse 50 %.

La longévité des graines de mauvaises herbes dans le sol est mal connue. Pour toutes, elle est certainement de plusieurs années. MUNERATI, dans des essais précis, a trouvé des graines qui se sont conservées vivantes sans germer pendant cinq à sept ans, dans les couches superficielles du sol (45). Les graines enterrées plus profondément paraissent pouvoir se conserver plus longtemps encore (46). Mais la proportion des graines qui restent ainsi vivantes est faible. La plupart germent au cours des deux ou trois premières années. Un certain nombre meurent et pourrissent.

Au point de vue pratique, la longévité de certaines graines de mauvaises herbes enfouies profondément dans le sol n'a pas, sauf cas particulier, de conséquences bien graves, et il n'est pas nécessaire de s'y attarder, car elle n'intéresse en général qu'un petit nombre de graines. Le seul fait important, c'est que les graines qui restent sur le sol après une Céréale sale ne germent qu'en partie l'année suivante. Une proportion notable ne germera que la deuxième ou même la troisième année. En Tunisie, en terre travaillée, on peut admettre qu'après trois ans, le pourcentage des graines encore vivantes est faible. L'espèce n'a pas disparu, mais elle a regressé au point qu'elle n'est plus capable de concurrencer la Céréale: la terre est redevenue propre. Nous verrons tout le parti qu'on peut pratiquement tirer de ces observations.

GERMINATION DES GRAINES

Les graines de mauvaises herbes germent dans les champs au cours des périodes pluvieuses d'automne, d'hiver ou de printemps. Seules germent les graines qui ne sont pas trop profondément enterrées. L'examen des jeunes plantules permet de déterminer la profondeur à laquelle se trouvaient les graines dont elles sont issues. Pour la Folle-Avoine, ces graines sont réparties entre 1 et 22^{cm} de profondeur, plus de la moitié étant dans les dix premiers centimètres. Ces chiffres sont du même ordre que ceux fournis par ZADE (62) pour *Avena fatua*,

la Folle-Avoine des cultures de Céréales européennes. Les graines des autres mauvaises herbes ne germent que lorsqu'elles sont dans les couches superficielles du sol. Pour les Luzernes spontanées, par exemple, les plantules dérivent toutes de graines situées à moins de 8^{cm} de profondeur, la plupart de graines comprises entre 1 et 5^{cm}. Les résultats sont les mêmes avec la Ravenelle, et il s'agit de graines relativement grosses. Avec des graines plus petites, telles que celles de Chrysanthème, de Coquelicot ou de Trixago, les plantules ont une origine encore plus superficielle ($0^{cm}5$ à 3^{cm} pour le Chrysanthème; $0^{cm}2$ à 1^{cm}, rarement jusqu'à $2^{cm}8$ pour le Coquelicot).

Dans les Céréales, la levée des mauvaises herbes commence peu de temps après le semis et se poursuit pendant une bonne partie de l'hiver. Mais il y a toujours, pour toutes les mauvaises herbes, une période de courte durée au cours de laquelle les levées sont très nombreuses. Par conséquent, les plantules d'une espèce déterminée ont presque toutes le même âge. C'est une constatation pratique d'un grand intérêt, qui ne souffre que de rares exceptions.

La germination des mauvaises herbes dans les céréales est beaucoup plus précoce que ne le croient habituellement les agriculteurs. Certaines, telles que les Ravenelles, germent presque en même temps que le Blé. D'autres sortent alors que le Blé n'a encore qu'une ou deux feuilles. L'une des plus tardives semble être le Thésium, dont la levée doit pourtant être considérée comme terminée fin Janvier.

Mais les jeunes plantules de Coquelicot, de Faux-Fenouil, de Thésium, de Trixago par ex., sont peu apparentes et leur développement pendant l'hiver est très lent. Comme leur aspect est bien différent de celui des plantes adultes correspondantes, elles passent facilement inaperçues. La connaissance des plantules des principales mauvaises herbes est donc, pour l'agriculteur, aussi utile que la connaissance des plantes adultes. Elle seule peut lui permettre d'apprécier l'importance de la levée des mauvaises herbes quand il est encore possible d'intervenir efficacement. Lorsque leur présence attirera l'attention, il sera presque toujours trop tard et on ne pourra plus employer que des palliatifs.

Dans un champ donné, l'importance des levées de mauvaises herbes varie beaucoup d'une année à l'autre. On enregistre des envahissements inattendus qui, fort heureusement, sont souvent sans lendemain. Ce sont les plantes les plus prolifiques (Coquelicot, Faux-Fenouil) qui présentent les variations les plus marquées. Un pied de Coquelicot par are donne en effet jusqu'à 500 graines par mètre carré. Or, 100 Coquelicots par hectare passent inaperçus. Si des conditions très favorables permettent à 50 % des graines de germer dans la Céréale qui suit, il y aura 250 plantes par mètre carré, autant que de

Blé. On se trouvera en présence d'une levée massive et imprévue. Inversement, dans une terre riche en graines, la levée peut être insignifiante si les circonstances ne sont pas favorables.

C'est donc sur place, dans le terrain même, qu'il faut rechercher les raisons du développement des mauvaises herbes. L'apport de graines par les semences n'a pas de répercussion immédiate. Les eaux de ruissellement n'ont qu'un rôle occasionnel. On songe trop souvent à les incriminer. Quant aux mauvaises herbes des routes, elles appartiennent le plus souvent à des espèces sans intérêt agricole. L'agriculteur dont les terres sont sales doit tout d'abord songer à s'accuser lui-même et ne pas céder à la tentation trop facile de trouver un autre coupable.

IMPORTANCE DES MAUVAISES HERBES

Un sol ne peut porter en même temps deux bonnes récoltes : une de Céréales et une de mauvaises herbes. La concurrence entre la Céréale et les plantes adventices a pour théâtre le sol et l'air. Dans le sol, les racines se disputent les éléments nutritifs, se disputent aussi et surtout l'eau. Dans l'air, c'est la lutte pour la lumière qui s'établit de bonne heure. La plante qui se laissera dominer restera chétive, étouffée par la plante dominante, qui intercepte les radiations lumineuses dont dépend la fonction chlorophyllienne. Dans le sol comme dans l'air, la place reste au premier occupant. Dans une terre propre, l'herbe a tendance à disparaître au fur et à mesure que le Blé grandit et couvre mieux le sol. Dans une terre sale, l'herbe au contraire prend le dessus et fait régresser le Blé; aussi, à la récolte, les rendements sont encore inférieurs aux prévisions.

La concurrence entre la Céréale et les mauvaises herbes s'établit à des époques variables suivant la nature de ces dernières. La Ravenelle, le Fumeterre gênent le tallage. Le Coquelicot, les Luzernes sauvages ne deviennent dangereux qu'un peu plus tard, vers la fin de l'hiver et au début du printemps. Ils empêchent le Blé de prendre possession de tout le terrain. Le Faux-Fenouil, le Thésium, le Trixago ne nuisent pas du tout au Blé pendant sa phase de développement herbacé. Leur présence ne se fait sentir qu'en Avril ou Mai. Mais, que la Céréale ait souffert au début ou à la fin de son développement, le résultat pratique est le même.

L'influence des mauvaises herbes sur le rendement des Céréales n'est donc pas à démontrer. Elle est seulement difficile à chiffrer, car on manque presque toujours d'éléments de comparaison. Elle est toujours plus importante qu'on ne le croit. Si certaines propriétés

réalisent à l'heure actuelle des rendements moyens qui dépassent 20 quintaux à l'hectare **(9)**, rendements auxquels on n'aurait osé prétendre il y a quelques années, c'est d'abord parce que leurs terres sont propres. C'est la condition *sine qua non* des autres améliorations.

Si l'on est tenté de sous-estimer l'importance des dégâts que causent les mauvaises herbes lorsqu'elles restent disséminées, il n'en est plus de même lorsque la Céréale est franchement sale. L'influence des mauvaises herbes est alors frappante. Elle peut aller jusqu'à la perte complète de la récolte, lorsqu'on est amené à faucher le champ comme fourrage vert, par exemple.

Dans leur ensemble, les cultures de céréales de Tunisie sont plutôt sales. Il ne saurait en être autrement pour les cultures indigènes faites sans assolement régulier. Mais les cultures européennes paient aussi un lourd tribut aux mauvaises herbes. Seules les terres soumises depuis très longtemps à un assolement rationnel peuvent être considérées comme propres. Mais les mauvaises herbes sont toujours là, prêtes à les envahir à la faveur de la moindre faute culturale. Ceux des colons dont les terres sont les plus propres craignent le plus les plantes adventices. Ce sont eux qui déclarent que « mévente et mauvaises herbes sont les deux plus grands ennemis de l'agriculteur ».

C. — PROCÉDÉS DE LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES ANNUELLES

I. — METHODES CULTURALES

La lutte contre les mauvaises herbes est un problème excessivement complexe. Toutes les opérations culturales concourent à sa solution. L'agriculteur ne doit en effet négliger aucune des armes dont il dispose.

La lutte contre les mauvaises herbes annuelles par des méthodes culturales repose tout entière sur un principe essentiel : empêcher la production de graines. Si ce principe est transgressé, un seul palliatif : faire germer ces graines et détruire les jeunes plantules.

Or, les céréales, qui permettent aux mauvaises herbes de grainer, laissent des terres sales. Un assolement judicieux, qui assure la germination de ces graines entre deux Céréales successives, est donc nécessaire et la valeur nettoyante des systèmes de culture ainsi mis en œuvre est à étudier en premier lieu.

LA JACHERE

La jachère cultivée assure dans de bonnes conditions la germination des graines de mauvaises herbes qui existent dans le sol et elle permet la destruction des plantules qui en résultent. Son rôle dans la lutte contre les mauvaises herbes est primordial et il constitue une bonne justification de cette méthode de culture.

La jachère doit donc être conduite pour faire germer le plus possible de graines de mauvaises herbes. Or, les graines qui germent sont celles qui sont réparties dans les couches superficielles du sol. Les plantules qu'elles donnent lèvent presque toutes ensemble quelques jours après une période pluvieuse, puis, si le sol n'est pas remué, les germinations se ralentissent et deviennent sans importance; le seul moyen d'obtenir une nouvelle levée, c'est de remuer à nouveau le sol pour placer de nouvelles graines dans les conditions qui permettent leur germination. La valeur nettoyante de la jachère est donc en rapport direct avec le nombre de façons d'hiver et de printemps qu'elle comporte. Il faut bien se pénétrer de cette idée qu'un recroisement est aussi utile lorsqu'il détruit des plantules jeunes, qui n'ont encore que deux ou trois feuilles, que si, effectué beaucoup plus tard, il détruisait les plantes bien développées et couvrant déjà le sol. Il faut d'autre part penser que beaucoup de mauvaises herbes donnent de bonne heure des graines mûres ou tout au moins capables de germer. Pour cette raison, une bonne jachère ne doit jamais montrer de mauvaises herbes en fleurs. En outre, les façons aratoires sont d'autant plus faciles, donc d'autant moins coûteuses, qu'elles portent sur une terre moins enherbée. Tant que les plantules sont jeunes, des extirpateurs suffisent. Plus tard, les polydisques ou les polysocs sont nécessaires. Si l'herbe est trop développée, il peut être même nécessaire de la faucher pour permettre le travail du sol. Donc, *dès qu'il y a eu une levée importante de mauvaises herbes*, une façon s'impose.

Les façons que comporte la jachère pendant la période pluvieuse ne doivent pas être trop superficielles. Mais il n'est pas non plus utile qu'elles soient profondes. Il n'est pas nécessaire de dépasser 12 à 15^{cm} de profondeur. Ce sont les couches superficielles du sol seulement qu'il faut travailler plusieurs fois, pour déplacer les graines qui jusque-là n'ont pu germer.

Pendant l'été, les germinations de plantes annuelles se ralentissent ou cessent tout à fait. Les recroisements successifs qui sont donnés à ce moment ont surtout pour but de détruire des plantes vivaces et quelques espèces annuelles à végétation estivale (Tournesol — *Crozophora tinctoria*, par ex.). Ils doivent être superficiels. Il faut se bien garder de ramener en surface des graines de couches moyennes (au-

dessous de 10^{cm}), dont la germination se produirait sûrement à l'automne suivant, dans la Céréale qui suivra. De toute façon, la destruction de l'herbe est la raison d'être essentielle de ces recroisements.

La jachère comporte habituellement un labour plus profond que les autres, à $20\text{-}25^{cm}$. Ce labour devra être effectué le plus tôt possible au début de l'hiver, dès que le sol est bien détrempé, au plus tard immédiatement après l'époque des semailles. S'il est fait au printemps, les graines qu'il ramène en surface ne trouvent plus l'humidité nécessaire à leur germination et attendent l'automne suivant. Elles risqueront alors de salir la Céréale.

Les sous-solages, qui divisent le sol sans le déplacer dans le sens vertical, sont en principe préférables aux labours très profonds, envisagés au seul point de leur action sur les mauvaises herbes. Ils ne ramènent pas en surface les graines des couches profondes du sol. Mais cet avantage est peut-être plus théorique que réel; il ne mérite pas qu'on lui attribue une grande importance pratique. Ce n'est pas dans tous les cas l'argument essentiel qui doive permettre de choisir entre ces deux systèmes d'ameublissement du sol en profondeur.

LES CULTURES NETTOYANTES

Ces cultures nettoyantes comprennent les cultures sarclées et les cultures étouffantes telles que les fourrages artificiels.

La culture de la Fève est le type des cultures sarclées, et elle occupe en Tunisie une place importante. Bien faite, elle équivaut à peu près à la jachère quant à son rôle dans la lutte contre les mauvaises herbes. Mal faite, elle devient une culture salissante et *elle perd toute raison d'être*. La culture de la Fève est donc une arme à double tranchant que l'agriculteur ne doit utiliser qu'à bon escient. Les sarclages doivent pouvoir être assurés quelles que soient les circonstances, grâce à une main-d'œuvre abondante que l'on soit certain d'avoir sous la main au moment voulu, ou grâce à un système de culture en lignes jumelées à grands écartements qui permette à tout moment l'emploi des appareils mécaniques de travail du sol.

Dans certains milieux, des semis de Sorgho ou de Pois chiche au printemps se combinent très bien avec la jachère, à laquelle ils ne font rien perdre de sa valeur nettoyante. Il en serait de même du Soja si cette culture devait s'implanter en Tunisie.

Les cultures étouffantes que constituent les fourrages artificiels permettent aussi de lutter contre les mauvaises herbes. Mais elles n'ont pas, vis-à-vis des espèces annuelles, l'efficacité de la jachère. Elles ne permettent, en effet, que la levée d'une seule génération de graines,

celle qui se produit dans le fourrage encore jeune. Les herbes, dominées par un fourrage dru, se développeront mal. De toute façon, elles seront coupées avant qu'elles n'aient grainé. Malheureusement, certaines parmi les plus dangereuses, la Folle-Avoine, par ex., fructifient de bonne heure. Si l'on n'y prend garde, une culture de fourrage peut être plus dangereuse qu'utile, au point de vue envisagé ici. Quand on a surtout en vue la lutte contre les mauvaises herbes, il faut, ou faucher prématurément le fourrage, ou se contenter d'une culture d'Orge à couper en vert. Dans tous les cas, le terrain sera labouré le plus tôt possible après.

Quant aux Orges précoces telles que l'Orge de Tripoli, elles permettent de lutter contre certaines mauvaises herbes comme la Folle-Avoine **(14)**, sous réserve d'une surveillance très sévère lors de la moisson. Quelques jours de retard suffisent pour que les grains de Folle-Avoine tombent sur le sol avant l'enlèvement des gerbes d'Orge.

L'ASSOLEMENT

La lutte contre les mauvaises herbes constitue l'un des facteurs essentiels qui régissent le choix de l'assolement.

L'assolement biennal *Jachère cultivée-Céréale* constitue un assolement de choix qui permet de lutter contre les mauvaises herbes dans de bonnes conditions. Les propriétés qui l'utilisent régulièrement depuis longtemps ont des terres pratiquement propres. Les levées de mauvaises herbes dans la sole à Céréale y sont toujours réduites, et cette dernière, trouvant un terrain bien préparé, étouffe les plantes adventices et, dans une très large mesure, compromet leur fructification. Une partie des graines qui se forment malgré tout germent pendant la jachère qui, bien conduite, ne laissera grainer aucune plante. Le sol reste ainsi toujours pauvre en graines de mauvaises herbes. Les levées importantes y sont accidentelles.

Si cet assolement biennal, qui est à la base de la culture du Blé en Tunisie dans les meilleures exploitations, permet de maintenir une terre propre, il ne suffit pas toujours à nettoyer une terre sale. Les graines de mauvaises herbes ne germent qu'en partie la première année, soit parce qu'il s'agit de graines « fraîches », soit parce que leurs téguments sont lignifiés ou imperméables à l'eau. Les modifications que doivent subir embryon ou téguments se produisent pendant l'année de jachère et, à l'automne suivant, une forte proportion de ces graines sont prêtes à germer en même temps que le Blé. L'expérience montre que, dans une terre sale, après une jachère bien conduite, il reste encore une forte proportion de graines des différentes mauvaises herbes (Ravenelle, Mélilot, Coquelicot, Chrysanthème,

Thésium, Folle-Avoine, etc...) qui germent dans la Céréale qui suit et compromettent son développement. Pour obtenir de meilleurs résultats, après une céréale infestée de mauvaises herbes qui ont grainé, il faut au moins deux années consécutives de cultures nettoyantes. On aura alors recours, à titre exceptionnel, à l'assolement suivant : *Orge fourrage*, *Jachère*, *Céréale*, qui est susceptible de faire baisser beaucoup l'importance des mauvaises herbes les plus courantes et qui permet de revenir rapidement à l'assolement biennal habituel.

Les cultures sarclées, Fèves par exemple, jouent le même rôle que la jachère cultivée, dans la mesure où les sarclages sont faits régulièrement. Elles peuvent se substituer à cette dernière sans inconvénients. Une partie de la sole en jachère est donc consacrée à ces cultures sarclées.

Dans une terre propre, les parcelles ensemencées en fourrages artificiels (Vesce-Avoine par ex.) peuvent être également prises sur la sole en jachère. Elles comportent alors la rotation suivante : *Céréale*, *Fourrage*, *Céréale*, *Jachère*, qui ne revient sur le même emplacement qu'après quelques années d'assolement biennal strict. La valeur nettoyante des fourrages étant faible, les parcelles à leur consacrer seront celles qui étaient occupées par une céréale relativement propre. Il faut se bien garder de faire du fourrage sur un Blé sale, si ce fourrage doit être à nouveau suivi d'un Blé.

Les fourrages à base de Holba (Fenugrec) se défendent bien contre les mauvaises herbes. Mais il est prudent de les localiser dans des terres spéciales, car la plante s'ensemence spontanément. Sa présence dans les Blés est à redouter, en raison des inconvénients de sa graine pour la meunerie. Quant au Bersim (Trèfle d'Alexandrie), dont la végétation est lente au début, il se défend mal contre les plantes annuelles à développement hivernal (Ravenelle, Souci, Fumeterre, etc...). Il donne donc des résultats irréguliers dans la lutte contre les mauvaises herbes, contre lesquelles il ne réagit bien que tardivement.

L'assolement triennal *Céréale-Céréale-Jachère* ne permet pas de maintenir les terres en bon état de propreté. Mais il peut se concevoir à la faveur du désherbage sélectif par des produits chimiques. Combiné avec l'emploi judicieux des engrais, ce désherbage peut permettre une réduction de la jachère très intéressante au point de vue économique.

LA CEREALE ET LES MAUVAISES HERBES

Céréale et mauvaises herbes constituent un complexe biologique sur lequel l'homme peut agir pour favoriser la première aux dépens des secondes.

Dès le semis, l'agriculteur doit s'efforcer de placer d'emblée la céréale dans de bonnes conditions de milieu. Herbe et céréale vont lutter de vitesse pour prendre possession du sol et de l'air. Le vainqueur étouffe l'autre : la place est au premier occupant. C'est une règle fondamentale dont il faut se bien pénétrer.

Pour avoir raison des mauvaises herbes, il faut donc semer la céréale dans une terre bien préparée qui vient de recevoir une ou deux façons superficielles. Le semis ne doit jamais être fait peu de temps après un labour à 15-20cm qui a ramené en surface des graines prêtes à germer. Toutes les façons aratoires qui précèdent le semis doivent au contraire s'efforcer uniquement de provoquer la germination des dernières graines que renferme la couche superficielle du sol, celle qui va recevoir la semence de Blé.

Le semis au semoir en ligne doit toujours être immédiatement précédé d'une façon superficielle, même si le sol ne montre encore aucune levée de mauvaises herbes. Cette façon est donnée le jour qui précède le semis. Il ne faut jamais permettre à l'herbe de sortir la première **(5).**

Les semis denses se défendent mieux contre les mauvaises herbes. En terre sale, on n'emploie jamais moins de 100 kg. de Blé par ha. Seules les terres propres permettent des semis clairs (80 à 100 kg.).

Dans une terre où des levées importantes de mauvaises herbes sont à redouter, les variétés de Blé qui couvrent bien sont seules à leur place. C'est le cas des Blés durs et des Blés tendres à précocité moyenne tels que le Mahon et le Baroota. La Richelle se défend mal contre l'herbe en hiver. Quant aux Blés tendres précoces, l'Irakié, le Florence et surtout les Florence-Aurore et les Pusa-Florence, ils couvrent peu le sol et se défendent mal contre les plantes adventices. Exigeants d'autre part, il faut leur réserver des terres propres.

Pourtant, en semis dense, à 120-130 kg. à l'ha., ces Blés précoces sont précieux pour les terres enherbées, lorsque les pluies d'automne sont très tardives. Les semis en terre sèche sont en effet dangereux, car ils assurent la germination simultanée de la céréale et de la première génération automnale de mauvaises herbes, très importante en terre sale. Les Blés précoces précédents, dont les semailles ne commencent jamais avant le 15 Novembre et peuvent se poursuivre jusqu'au 15 Décembre, permettent toujours d'attendre des pluies importantes, même très tardives, et de ne semer qu'après un ultime recroisement qui détruit les plantes spontanées récemment levées et qui complète ainsi le nettoyage du sol.

Au cours du mois qui suit la levée, la poussée des mauvaises herbes doit être surveillée. Reconnaître les jeunes plantules des espèces

principales et apprécier dès le début leur densité ne demande qu'un peu d'habitude. Tant que les plantules de Dicotylédones annuelles sont petites, elles sont relativement fragiles. Comme elles sont prises dans la croûte, un coup de herse par beau temps en détruira un certain nombre, en retardera beaucoup d'autres. Il suffit de peu de chose pour avantager le Blé. Les herses à hérissons conviennent particulièrement pour ce travail qui, effectué au bon moment, donne toujours de bons résultats.

Dès que les herbes sont grandes, l'arrachage à la main est seul praticable. Là où la main-d'œuvre est abondante et bon marché, cet ultime moyen de se débarrasser de l'herbe doit toujours être utilisé. Il permet d'enlever les herbes qui se présentent par grosses touffes. L'arrachage de plantes moins développées telles que le Fumeterre est même possible. La céréale profite encore de cet enlèvement tardif de voisins gênants, mais, surtout, on supprime ainsi des porte-graines et on contribue efficacement au nettoyage du champ.

Enfin, après la moisson, l'incinération des chaumes permet de détruire une certaine quantité de graines de mauvaises herbes. La proportion des graines tuées est difficile à chiffrer, car l'action du feu est très irrégulière. Mais elle est importante partout où la paille ne manque pas. De plus, les graines qui ne sont pas tuées ont leurs enveloppes plus ou moins détruites. Elles seront plus facilement la proie d'oiseaux (caille, par ex.) ou d'insectes. Les moutons même consomment les graines de Folle-Avoine, dans les chaumes, après que l'arête et les poils ont été brûlés. Enfin, on peut supposer, à priori, que les graines à téguments roussis germeront plus vite. Mais, sur ce point, les observations précises manquent. De toute façon, l'incinération des chaumes, utile à d'autres points de vue et que la législation tunisienne permet sans y apporter d'entraves sérieuses (1), mérite tout particulièrement d'être pratiquée après un céréale enherbée.

II. — DESHERBANTS CHIMIQUES

L'expérience montre que les Graminées en général et les Céréales en particulier sont plus résistantes à l'action d'un certain nombre de composés chimiques que la plupart des jeunes plantules de Dicotylédones annuelles. Cette résistance est le plus souvent conditionnée

---

(1) En dehors d'une zone de 1.000 mètres autour des massifs forestiers ou brousailleux, l'incinération des chaumes peut être pratiquée librement, sous réserve de prévenir les riverains et de circonscrire le champ à incinérer d'une bande de 30 mètres de large débarrassée de toute matière combustible. Dans la zone de 1.000 mètres sus-visée, l'incinération des chaumes doit faire l'objet d'une autorisation préalable (arrêté du 18 janvier 1929 modifié par l'arrêté du 24 mai 1933).

par des questions d'ordre morphologique. Les céréales en herbe ont leur bourgeon terminal protégé par les gaines de toutes les feuilles emboîtées les unes dans les autres. Ce bourgeon, placé au niveau des nœuds de tallage, est en outre légèrement au-dessous du niveau du sol. Les plantules de Dicotylédones annuelles à germination épigée ont au contraire leur bourgeon terminal nu, logé à l'aisselle des deux feuilles cotylédonaires d'abord, au centre d'une rosette de feuilles ensuite. Or, la plupart des mauvaises herbes appartiennent à cette catégorie de plantes (Ravenelle et toutes les Crucifères, Coquelicot, Chrysanthème, Mélilot, Luzernes, Thésium, etc...). La destruction des organes aériens des espèces à germination hypogée n'amène pas la mort complète de la plante, car il reste deux bourgeons souterrains susceptibles de se développer, placés à l'aisselle des cotylédons restés dans le sol. Mais ces espèces (Vesces sauvages, par ex.) sont rarement des mauvaises herbes importantes.

Les Céréales ne souffrent que transitoirement. Pendant l'hiver, jusqu'en Février ou Mars, leur végétation est ralentie. A ce moment, la destruction d'une partie de leurs feuilles n'a pas de suite fâcheuse et ne se traduit même pas par un retard sensible lors de l'épiaison de la Céréale, retard qui pourrait être grave en Tunisie.

L'ACIDE SULFURIQUE

Les solutions d'acide sulfurique constituent à l'heure actuelle le seul désherbant sélectif dont l'emploi a réellement quitté le domaine de l'expérimentation pour passer dans la pratique agricole de certains pays. Dans le Sud-Ouest de la France, par ex., en 1927, une seule fabrique d'acide sulfurique a livré de quoi traiter 20.000 ha. de céréales. Il existe d'autre part plus de vingt fabricants de pulvérisateurs à acide sulfurique, répartis dans toute la France.

Au point de vue technique, l'emploi des solutions d'acide sulfurique a été très exactement mis au point par Rabate **(50, 51, 52)**. Des essais ont été entrepris en Tunisie depuis 1925 **(58, 11)**. Aussi, le procédé peut être considéré comme étant à l'heure actuelle bien au point pour le pays.

Des solutions à 12 % en volume d'acide sulfurique à 59-60° Baumé (1) détruisent les jeunes plantules de la plupart des Dicotylédones annuelles. Parmi les mauvaises herbes importantes, les observations ont porté sur la Ravenelle (I, 1, 6), le Rapistre (II, 1, 5), le Mélilot (IV, 1, 5), le Souci (VI, 4, 7), le Chrysanthème (VII, 1, 3), le Faux-Fenouil (V, 1, 3, 4) et le Thésium (VIII, 1, 5). Mais on détruit égale-

---

(1) C'est la concentration de l'acide sulfurique fabriquée en Tunisie.

ment dans les mêmes conditions : *Ranunculus Sardous*, *Brassica amplexicaulis*, *Ononis viscosa*, *Tetragonolobus purpureus*, *Medicago* divers, *Lathyrus ochrus*, *Leucanthemum glabrum*, *Senecio leucanthemifolius*, *Veronica hederae*, *Veronica didyma* et *Euphorbia Reboudiana*. Il n'y a pas eu d'observations sur *Trixago apula* (IX, 1, 4), mais, par analogie, on peut affirmer que ses jeunes plantules sont détruites aussi.

Les solutions à 14 % détruisent complètement les jeunes plantules de Coquelicot (III, 3) et de Peigne-de-Vénus (VI, 1, 3). Elles ne détruisent qu'une partie des Fumeterres (III, 1, 2) et des Linaires (*Linaria triphylla*), dont les feuilles glauques se mouillent mal. Elles sont nécessaires pour détruire complètement les plantules un peu développées du premier groupe qui, par contre, à l'état très jeune, peuvent ne nécessiter l'emploi que de solutions à 10 %.

Quelques dicotylédones annuelles à germination hypogée, parmi lesquelles les Vesces spontanées (*Vicia Narbonensis*, *Vicia calcarata*), ne sont pas définitivement détruites. Les bourgeons placés à l'aisselle des cotylédons restés souterrains peuvent émettre des pousses feuillées après destruction de la tige principale. Mais ces repousses tardives restent habituellement grêles.

Les Graminées spontanées ne sont pas détruites par les solutions d'acide sulfurique. Elles se comportent en effet comme la Céréale. Seules, les plantules de Ray-grass (IX, 5) encore jeunes et très superficiellement enracinées sèchent, mais les résultats sont très incomplets au point de vue pratique.

Quant aux Dicotylédones vivaces (Oxalis) (XI, 3), Carum, Laiteron (XI, 1), Centaurée (X, 1), etc..), elles ne sont qu'arrêtées dans leur évolution. Les feuilles touchées sont brûlées et sèchent. Mais de nouvelles feuilles apparaissent au bout d'une quinzaine de jours. L'action est pratiquement nulle. Les Monocotylédones vivaces sont encore moins sensibles.

Les feuilles de céréales sont brûlées par les solutions d'acide sulfurique. Elles se dessèchent plus ou moins complètement. Mais, du bourgeon terminal, se dégagent bientôt de nouvelles feuilles normales et, au bout d'un mois, les effets du traitement ne sont plus sensibles.

Pourvu que le Blé ait déjà trois ou quatre feuilles, le traitement doit être fait dès que la levée des mauvaises herbes à détruire est pratiquement terminée. Les plantules bien développées sont en effet plus difficiles à détruire. Ainsi, le Faux-Fenouil très jeune (V, 3 et 4) est tué par une solution à 12 %. Les solutions à 14 % brûlent les feuilles des plantes plus développées (V, 5), mais n'atteignent pas le

bourgeon terminal. La même observation s'applique au Chrysanthème, facile à détruire à l'état jeune (VII, 3), partiellement touché un peu plus tard (VII, 4). Les planches fournissent, pour la plupart des espèces importantes, les stades auxquels les plantules peuvent être détruites (voir la légende correspondante). Les traitements tardifs sont d'autant moins utiles que certaines mauvaises herbes gênent de bonne heure le développement du Blé. Il y a intérêt à les faire disparaître le plus tôt possible.

C'est donc en Décembre ou Janvier que les traitements à l'acide sulfurique doivent être faits en Tunisie. Seules des céréales très tardives peuvent encore être traitées en Février. En Mars, il est toujours trop tard.

Les traitements tardifs préconisés en France **(10)**, effectués avec des appareils spéciaux qui ne pulvérisent que la base des plantes, sont sans intérêt pour la Tunisie. A ce moment, le Blé a déjà souffert du voisinage des plantes adventices. Traité d'autre part dans une période de végétation très active caractérisée par l'allongement rapide des chaumes, il se relève mal.

C'est par beau temps que l'acide sulfurique agit le mieux. Mais, au laboratoire, l'action est complète après une heure **(2)**. Pratiquement donc, on peut opérer tant que la pluie n'est pas imminente. On peut toujours installer un chantier s'il n'y a pas de risques d'averses pour la journée. Tous les ans, par conséquent, il est possible de traiter en temps opportun.

Les effets du traitement sont rapides. Ils sont bien visibles dès le lendemain. Avec un peu d'attention, on peut ainsi rectifier rapidement un dosage défectueux.

L'acide sulfurique, liquide corrosif, attaque la plupart des métaux. Ses solutions ne peuvent être pulvérisées qu'avec des appareils spéciaux. Ceux à réservoir métallique inattaquable conviennent mieux en Tunisie que les appareils à réservoir en bois. La pompe est soit une pompe à liquide, soit une pompe à air. A l'heure actuelle, il existe une très grande variété de ces appareils. Les plus commodes à utiliser sont ceux où le mélange de l'acide et de l'eau se fait directement dans le réservoir de l'appareil. De toute façon, un système de remplissage par pompe doit toujours être prévu, pour éviter le transvasement de l'acide ou de l'eau acidifiée, sources d'ennuis ou causes d'accidents.

Les appareils bien conçus sont d'un prix élevé. Soignés, ils résistent bien à l'acide sulfurique. Ils sont donc techniquement au point. Equipés avec un réservoir de 400 l. et munis d'une pompe qui alimente une rampe de 4 m., ils permettent de traiter 4 à 5 ha. par jour, à raison de 1.200 l. de solution par ha.

Le prix de revient du traitement ressort entre 150 et 200 fr. par ha., parmi lesquels l'acide sulfurique rentre pour 120 à 130 fr. A 12 %, par exemple, on utilise, par ha., 150 l. d'acide sulfurique à 59-60° qui pèsent 250 kg. et qui valent, à Tunis, 112 fr.

En bonne terre accidentellement envahie par des mauvaises herbes, le prix du traitement est en général compensé par l'augmentation de rendement qui en résulte **(11)**. Les mauvaises herbes enlèvent facilement 2 q. de Blé par ha., quand elles n'enlèvent pas toute la récolte. Leur destruction précoce permet d'obtenir un Blé à rendement normal (XII, 3). Le bénéfice indirect que représente la propreté de la terre ne coûte donc rien. A lui seul, pourtant, il justifierait la pratique du désherbage sélectif.

Mais en terre pauvre, mal cultivée, le bénéfice reste incertain. Même après la destruction de l'herbe, les rendements restent faibles. En outre, de pareilles terres sont souvent envahies par des Graminées spontanées (Ray-grass, Folle-Avoine) ou par des plantes vivaces (Chiendent, Hamra, Centaurée, etc.) qui résistent au traitement. La Céréale n'est plus seule à profiter de l'opération. **Le désherbage sélectif complète donc une une bonne culture, mais ne la remplace pas.**

Malheureusement, si le procédé est bien au point, sa vulgarisation est difficile et se heurte à des obstacles sérieux qui font que les agriculteurs tunisiens ne l'utilisent pas. Le premier est inhérent à l'emploi des solutions d'acide sulfurique. Avec un bon appareil, leur maniement ne présente aucune difficulté. On ne peut pourtant négliger les accidents graves que peut causer la manipulation de bonbonnes de verre lourdes et fragiles, pleines d'un liquide très corrosif.

Le second des obstacles, peut-être le plus grave, tient à la nécessité d'utiliser des appareils coûteux, à grand travail. L'emploi des appareils à dos d'homme présente de multiples inconvénients de détail. Il en résulte que l'agriculteur ne peut pas se familiariser peu à peu avec ce procédé de lutte contre les mauvaises herbes. Il ne peut pratiquement, de lui-même, l'essayer sur de petites parcelles et apprécier directement sa portée et sa valeur. Il a fallu, en France, toute l'autorité de Rabate et toute l'énergie que cet agronome a dépensée pendant plus de vingt ans, pour arriver à vulgariser réellement un traitement dont l'intérêt est considérable, mais contre lequel trop de préventions existent toujours.

LE CHLORATE DE SOUDE

L'utilisation de solutions diluées de chlorates aux lieu et place des solutions d'acide sulfurique a été préconisée dès 1923 **(39)**. Depuis,

de nombreux essais effectués tant en France **(23, 24)** [1] qu'en Tunisie **(12)** ont porté sur cette question. De leur ensemble se dégagent, *pour la Tunisie*, les conclusions suivantes :

Pour le désherbage sélectif, le chlorate de soude a été utilisé en solution dans l'eau à 1 %, à raison de 1.200 litres de solution par ha., soit 12 kg. de chlorate de soude par ha. Le maximum à ne pas dépasser est de 1,5 %, représentant 18 kg. de chlorate par ha.

A cette dose minime, les très jeunes plantules de beaucoup de Dicotylédones annuelles sont tuées ou dans tous les cas fortement ralenties dans leur développement. L'action du chlorate est lente. Elle est surtout intense par temps pluvieux. Une partie de la solution est directement absorbée par les feuilles des plantes pulvérisées; le reste passe dans le sol et pénètre dans les plantes par les racines. L'ensemble provoque le jaunissement des feuilles, un arrêt de croissance de la plante et parfois sa mort.

Le Blé résiste mieux à ce poison que la plupart des plantules des mauvaises herbes. Il jaunit tout de même, surtout par temps humide, et l'extrémité de ses feuilles se dessèche. Souvent, sa végétation finit par redevenir normale et son aspect à la récolte est le même que celui du Blé témoin.

Si la différence de sensibilité au chlorate de soude entre le Blé et les mauvaises herbes a permis, en principe, d'envisager l'emploi de ce produit comme désherbant sélectif, en pratique, les résultats que l'on obtient en Tunisie sont trop irréguliers. La marge qui existe entre la dose toxique pour les mauvaises herbes et la dose dangereuse pour le Blé est faible. D'autre part, la toxicité d'une dose donnée de chlorate de soude varie suivant le milieu; elle est notamment fonction de la pluviométrie pendant le mois qui suit le traitement. Par temps sec, le désherbage est incomplet; par temps pluvieux, le Blé jaunit fortement et se relève mal : le rendement est diminué. Aussi, l'emploi du chlorate de soude en Tunisie n'est pas susceptible de permettre le désherbage sélectif des céréales dans des conditions satisfaisantes. Si intéressante qu'ait paru la méthode, elle doit être abandonnée.

DESHERBANTS DIVERS

L'acide sulfurique, très efficace, est d'emploi difficile; le chlorate de soude, facile à employer, ne donne pas les résultats escomptés. Il est désirable de trouver une meilleure solution pratique à ce problème très important du désherbage sélectif des céréales.

---

(1) Des essais sur une grande échelle ont été effectués par la Société Minorga, qui a bien voulu, à différentes reprises, me communiquer les résultats qu'ils avaient fournis.

Les engrais désherbants devraient, à priori, fournir une solution particulièrement avantageuse. La sylvinite pauvre, finement moulue, et certains engrais composés ont été préconisés **(28, 29, 53)**. Ils n'ont pas donné en Tunisie de résultats suffisants **(11)**. Seules certaines mauvaises herbes telles que la Ravenelle peuvent être détruites. Leurs avantages pratiques seraient d'ailleurs plus théoriques que réels. Ils ne peuvent être répandus que de très grand matin, les jours de forte rosée ou de gelée blanche, et par période de beau temps sans pluie. Ces conditions peuvent manquer pendant la courte période où le traitement peut être effectué. Ils exigent d'autre part l'emploi d'au moins 800 kg. de produit à l'ha. Leur prix de revient très élevé ne peut se justifier qu'en tenant compte de leur effet fertilisant, qu'on obtient à meilleur compte par l'emploi des engrais habituels au moment opportun.

En fait, les engrais désherbants ne résolvent pas le problème, et la recherche des poudres herbicides ne semble pas susceptible de fournir des résultats pratiques à portée générale. D'autre part, depuis une trentaine d'années, la plupart des substances minérales utilisables ont été essayées et il paraît douteux que l'on puisse trouver dans la chimie minérale des produits plus intéressants que l'acide sulfurique. Le sulfate de fer, le bisulfate de soude, le nitrate de cuivre, le sel marin, le sulfate et le chlorure de zinc, la soude caustique, etc., souvent essayés, parfois préconisés, ne sont pas passés dans le domaine de la pratique agricole. Mais la chimie organique offre sans doute des ressources intéressantes qui devraient donner lieu à des investigations méthodiques, d'autant plus nécessaires que les renseignements que l'on possède sur cette question sont plus fragmentaires.

On est tenté de ne s'intéresser qu'aux produits chimiques bon marché. L'acide sulfurique est un de ceux-là. Mais l'exemple du chlorate de soude, nettement toxique pour le Thésium à la dose de 0,5 %, qui représente 6 kg. de produit à l'ha., montre que les produits chimiques à prix unitaire élevé ne sont pas à éliminer. L'étude des herbicides doit donc être faite tout d'abord au seul point de vue physiologique. Le point de vue économique n'interviendra qu'après.

La chimie organique est, pour une grande partie, la chimie du goudron de houille. Certaines fractions de ce goudron possèdent des propriétés herbicides intéressantes. Ce sont les phénols qui sont les plus actifs, mais les hydrocarbures qui les accompagnent dans les produits bruts jouent aussi leur rôle. Les essais poursuivis en Tunisie depuix deux ans établissent que des fractions définies de la distillation du goudron de houille donnent des résultats équivalents à ceux que l'on obtient avec les solutions d'acide sulfurique. La méthode est actuellement l'objet d'une mise au point.

Les hydrocarbures des pétroles sont également des herbicides. Emulsionnés dans l'eau, ils tuent l'herbe. Mais ils tuent aussi le Blé. Les résultats sont pourtant irréguliers, et certains produits de cette catégorie donnent de bon résultats. Ils semblent cependant plus intéressants pour le désherbage total **(30)** que pour le désherbage sélectif des céréales bien que, agissant seulement par contact, ils ne tuent pas les plantes vivaces.

Le désherbage sélectif des céréales, techniquement possible dès à présence grâce à l'acide sulfurique, est susceptible de recevoir des perfectionnements ou de nouvelles solutions qui permettent réellement sa vulgarisation. Il devra alors être considéré comme le complément indispensable d'une bonne culture; répétons-le, *il ne saurait se substituer à elle*. Son intérêt essentiel peut résider dans une plus grande latitude laissée à l'agriculteur dans le choix de l'assolement, que la question des mauvaises herbes complique beaucoup. L'assolement triennal en particulier (Jachère-Blé-Blé) serait beaucoup moins critiquable s'il ne favorisait par trop les plantes spontanées. Combiné avec l'emploi judicieux des engrais, le désherbage sélectif peut permettre d'utiliser en Tunisie des assolements plus intensifs que l'assolement biennal classique Jachère-Blé. Il peut par conséquent faire baisser le prix de revient de la culture des céréales à un moment où la question du prix de revient du quintal de Blé est primordiale. Cette question du désherbage sélectif est même d'actualité en Tunisie, où les Blés de force, variétés exigeantes, se défendent mal contre les mauvaises herbes et réclament des terres propres.

III. — APPLICATION A DES CAS PARTICULIERS

DEFRICHEMENT

Les plantes messicoles sont en quelque sorte des plantes cultivées qui accompagnent les céréales. Aucune des plantes annuelles dangereuses ne fait normalement partie de la flore spontanée des terres incultes. On ne les y rencontre qu'irrégulièrement et en petite quantité. Des terres de défrichement sont donc, en principe, des terres propres (il n'est question dans ce chapitre que des plantes annuelles). Les plantes annuelles spontanées de l'association végétale qui occupait le terrain défriché (association du Lentisque, du Jujubier, du Pin d'Alep ou du Romarin, par ex., pour la Tunisie) ne trouvent plus dans la terre cultivée les conditions de milieu qui assuraient jusque-là leur développement. En modifiant le milieu, en faisant disparaître les espèces dominantes de l'association végétale, le défrichement fait disparaître aussi les plantes annuelles spontanées qui les accompagnaient.

Il appartient à l'agriculteur de profiter de cet état de fait pour conserver propres les terres récemment défrichées. Elles ne seront ensemencées qu'avec des semences soigneusement triées. Ce triage est ici indispensable. Il faudra aussi se méfier des troupeaux (mouton surtout) qui véhiculent des graines qui restent intactes en traversant leur tube digestif. Il sera nécessaire de veiller à ce que des eaux de ruissellement originaires de terres cultivées sales ne les traversent pas. Enfin et surtout, il faudra éviter de compromettre l'avenir en abusant du présent : les cultures successives de céréales sont un danger que l'agriculteur sous-estime, sous la poussée des nécessités financières. Il est indispensable de lui rappeler toujours qu'une terre propre a beaucoup plus de valeur qu'une terre sale et qu'il suffit de quelques imprudences pour perdre ce bénéfice. Même dans une terre de défrichement, il faut d'emblée établir un assolement qui donne aux cultures nettoyantes une place suffisante pour maintenir l'état de propreté du sol.

TERRE ENHERBEE

Après une Céréale envahie par des plantes annuelles diverses qui ont abondamment grainé, des mesures spéciales s'imposent pour nettoyer le sol.

On commence par incinérer les chaumes, pour tuer par la chaleur une partie des graines de mauvaises herbes encore à la surface. Une façon légère suit, qui incorpore les graines aux couches superficielles du sol et permet la germination d'une partie d'entre elles dès les premières pluies. Sur un labour de 15-20^{cm}, on sème un fourrage, le plus tôt possible à l'automne (Vesce-Avoine, par ex.). Il est essentiel de couper ce fourrage de bonne heure, avant que les plus dangereuses des mauvaises herbes qu'il renferme n'aient grainé. Le sol est labouré immédiatement après. Pour le maintenir propre, les travaux de culture sont continués pendant l'été. Un labour profond est utilement fait à l'automne suivant, dès que la terre est suffisamment détrempée, au plus tard après l'époque des semailles. A ce labour font suite des façons superficielles dont le nombre est conditionné par les levées de mauvaises herbes. Un recroisement est nécessaire après chaque période pluvieuse, dès que la levée de l'herbe est généralisée. Il ne faut pas attendre que le sol soit fortement enherbé. Il ne faut surtout pas attendre que l'herbe soit fleurie. Le travail est d'autant plus facile que l'herbe est plus jeune. Chaque façon prépare d'autre part une nouvelle levée qui débarrasse d'autant le sol des graines qu'il renferme.

Pendant l'année de jachère, le sol n'est travaillé qu'en fonction des

mauvaises herbes qu'il porte. Les appareils de culture à utiliser sont donc ceux qui assurent la destruction de l'herbe au meilleur prix. Pour des plantes annuelles, aucun produit chimique ne vaut une façon aratoire. Mais ces façons aratoires doivent toujours être aussi superficielles que possible. Le danger, c'est de ramener en été des graines restées vivantes dans le sol au-dessous de 10^{cm} de profondeur. Il est inutile et même dangereux de descendre au-dessous de 10^{cm}.

Après les premières pluies d'automne, qui assurent encore une nouvelle levée de mauvaises herbes aussitôt détruites, on effectue un semis dense d'un Blé vigoureux couvrant bien le sol et susceptible d'étouffer les mauvaises herbes (voir page 30). On ne sème jamais en sec de pareilles terres. Si les pluies d'automne manquent, on attend l'extrême limite (15 Décembre) pour effectuer en fin de compte un semis très dense de Blé précoce.

Après la levée, la destruction de l'herbe par un hersage s'impose, si le désherbage sélectif par un produit chimique, qui serait bien à sa place ici, n'est pas effectué. L'arrachage à la main des herbes est fait un peu plus tard, dans toute la mesure du possible. Cet ensemble de mesures suffit en général pour assurer à nouveau un état de propreté du sol suffisant et permettre de revenir à un assolement normal. La variété de ces mesures résume nettement toute la complexité de la lutte contre les mauvaises herbes et toute l'importance du problème.

TERRE ENVAHIE PAR LA FOLLE-AVOINE

La Folle-Avoine (*Avena sterilis*, en Tunisie) est parmi les mauvaises herbes les plus redoutées des agriculteurs. Graminée très voisine des céréales cultivées, elle est insensible aux désherbants sélectifs. Sa destruction se heurte donc à des difficultés spéciales.

La germination des graines de ses épillets est échelonnée. La première graine germe dès la première année, les autres seulement après une certaine période de repos. Mais l'observation du comportement de ces graines dans les champs montre qu'il n'en reste qu'une faible proportion après la deuxième année. La méthode qui permet de nettoyer une terre sale s'applique donc à la Folle-Avoine aussi bien qu'aux autres mauvaises herbes (voir page 39). On peut cependant indiquer en outre l'utilisation possible des Orges précoces telles que l'Orge de Tripoli **(14)**. Mûres avant la Folle-Avoine, elles peuvent être moissonnées à temps pour éviter un réensemencement du sol par cette dernière. Mais la marge est faible : il faut donc se méfier, moissonner rapidement et sortir immédiatement les gerbes du champ.

Une culture de Holba deux ans de suite donne aussi des résultats suffisants **(21)**. Comme toujours, il faut arriver à empêcher la Folle-Avoine de grainer pendant deux années consécutives.

TERRE ENVAHIE PAR LE THESIUM

La lutte contre le Thésium[1], plante parasite, pourrait s'inspirer des mêmes règles que la lutte contre les mauvaises herbes annuelles ordinaires. Mais les terres envahies sont trop infertiles pour que leur culture devienne rémunératrice après la disparition du parasite. Aussi, la question du Thésium se présente sous un jour bien spécial **(12ter)**.

La jachère cultivée ne le fait pas régresser, dans les terres tuffeuses ou légères qui lui conviennent. Pour arriver à un résultat pratique suffisant, il faut l'empêcher de grainer deux années consécutives, au cours desquelles la réserve de graines que renferme le sol s'épuise presque complètement. Une céréale envahie par le Thésium doit donc être suivie d'une culture d'Orge fourrage. Il faut en effet occuper le sol avec une culture que l'on puisse enlever fin Mars, début Avril au plus tard, car le Thésium graine de bonne heure. Un fourrage de Vesce-Avoine permet toujours au Thésium de mûrir une partie de ses graines.

L'Orge fourrage enlevée, la terre est labourée et maintenue en jachère cultivée pendant toute l'année suivante. Dans le Blé qui suit, le Thésium n'a pas complètement disparu, mais n'est plus assez abondant pour provoquer le dépérissement de la Céréale par taches.

On peut arriver au même résultat, sans abandonner l'assolement biennal Jachère-Blé, en détruisant le Thésium dans la Céréale par un désherbant chimique. L'acide sulfurique à 12 % donne de bons résultat. Le traitement est à effectuer courant Janvier, début Février au plus tard, dès que la levée du Thésium est à peu près terminée. Il est rare de pouvoir traiter encore dans de bonnes conditions fin Février.

Mais, le Thésium disparu, les rendements en Blé ne seront pas forcément intéressants. Les terres à Thésium sont des terres pauvres. Leur amélioration est seule susceptible de les rendre propres à la culture du Blé. Le détuffage, l'apport d'engrais s'imposent. Sinon, il vaut mieux livrer de pareils terrains à d'autres spéculations agricoles (arbres fruitiers). Si, au point de vue économique, on envisage l'amélioration du sol pour y continuer la culture des céréales, le Thésium régressera lentement, parce que, plante de pleine lumière, il

(1) La question du Thésium, traitée dans la Monographie qui suit (p. 65), n'est que très succinctement résumée ici.

est facilement étouffé par une céréale drue. Les désherbants chimiques permettront d'arriver très rapidement à l'élimination complète du Thésium dans ces sols devenus fertiles. A la lumière de ces différentes données, la lutte contre le Thésium apparaît donc comme relativement facile.

D. — BIOLOGIE ET DESTRUCTION DES MAUVAISES HERBES VIVACES

BIOLOGIE

Les plantes vivaces accumulent dans leurs organes souterrains, rhizomes ou tubercules, des matières de réserve, surtout des hydrates de carbone comme l'amidon. Ces matières de réserve sont élaborées dans les feuilles au cours de la période de végétation active de la plante. Elles sont utilisées en partie au moment du départ de la végétation. Mais si les organes aériens sont détruits, de nouveaux bourgeons souterrains se développent à leur tour, utilisant une nouvelle fraction des matières de réserve de la plante.

La période de végétation active des plantes vivaces est, suivant les espèces, soit l'hiver, soit l'été. Il est bien évident que les procédés de lutte seront différents suivant les exigences climatériques de l'espèce.

La plupart des plantes vivaces donnent régulièrement des graines. Mais ces graines n'ont pas, au point de vue pratique, une importance de premier plan. Elles peuvent bien germer et fournir de nouveaux individus, qui forment rapidement les organes souterrains permanents : bulbes ou rhizomes. Mais des bulbilles (Oxalis) ou des fragments de rhizomes jouant le rôle de boutures assurent une multiplication autrement plus rapide que la germination des graines. Il est exceptionnel que les graines constituent le seul mode de multiplication des mauvaises herbes vivaces (Carum).

PROCEDES DE LUTTE PAR LES METHODES CULTURALES

Les plantes vivaces sont plus difficiles à faire disparaître que les plantes annuelles et elles sont justiciables de procédés de lutte foncièrement différents.

En principe, pour se débarrasser d'une plante vivace, il faut empêcher toute végétation herbacée pendant un temps suffisant pour que l'utilisation complète des réserves des organes souterrains entraîne la mort de ces derniers. Seul le travail continu du sol permet d'arriver à ce résultat. Des cultures étouffantes répétées concurrencent bien les

plantes vivaces à végétation hivernale comme l'Oxalis et les font régresser, à la condition toutefois que le fourrage se développe vigoureusement dès le début et, couvrant le sol, domine d'emblée la mauvaise herbe. Un tel résultat n'est obtenu qu'en terre fertile. Aussi, ce procédé de lutte est-il d'application très limitée.

Pour certaines plantes à gros tubercules, le ramassage de ces derniers constitue la méthode de lutte la plus simple (Narcisse, Liliacées diverses). La méthode est encore plus simple si l'on peut charger de ce travail un troupeau de porcs, comme c'est le cas avec le Talaghouda (Carum) et même avec l'Oxalis.

EMPLOI D'HERBICIDES

Un seul poison des plantes susceptible de tuer complètement des plantes vivaces est le chlorate de soude à doses élevées (de l'ordre de 500 kg. à l'ha.), utilisé sous forme de solutions dans l'eau **(3, 4, 12, 13, 22, 30, 35, 38, 55, 56)**. Le poison tue les organes aériens, qui l'absorbent directement. Mais il pénètre surtout dans le sol, où il est absorbé par les racines. C'est ainsi qu'il atteint les rhizomes, qu'il détruit. Avec les plantes à bulbilles comme l'Oxalis, il s'oppose à la formation de nouvelles bulbilles en empêchant tout développement herbacé, mais il ne tue pas les bulbilles formées. Les plantes à bulbes doivent être les plus difficiles à atteindre. Ce sont fort heureusement les moins dangereuses (Oxalis excepté).

Le chlorate de soude, aux doses indiquées, persiste dans le sol pendant plusieurs mois, parfois un an et peut-être davantage. Les plantes qui sont ultérieurement semées jaunissent et meurent tant que le sol renferme du chlorate, puisque des doses de 6 kg. à l'ha. agissent encore nettement sur la végétation. Il faut donc compter que le chlorate à fortes doses stérilise le sol pour un an environ. La disparition du chlorate est d'autant plus rapide que la terre est plus riche en matière organique et que sa température est plus élevée **(7)**.

Au prix du chlorate de soude [1], ce désherbage chimique est donc d'un prix de revient très élevé, que ne peuvent supporter ls terres de grande culture. Si l'on y ajoute les inconvénients qui résultent de la stérilisation du sol, il faut conclure que ce procédé de lutte contre les mauvaises herbes ne peut s'appliquer qu'à quelques cas particuliers. Le désherbage des cours de ferme, des chemins n'est pas à traiter ici. Au point de vue agricole, l'emploi du chlorate de soude comme désherbant total ne se justifie que pour la destruction de plantes vivaces se développant par taches bien délimitées, de faible superficie. L'uti-

---

(1) Autour de 4 francs le kilogr. en 1934.

lisation du chlorate est encore plus indiquée si ces taches constituent des foyers qui menacent de s'étendre. Dans ce cadre restreint, le chlorate de soude est susceptible de fournir des résultats intéressants.

On emploie en principe le chlorate de soude sous forme de solutions dans l'eau à la dose de 20 %. On pulvérise ces solutions sur la plante à détruire, soit en pleine végétation, soit à l'automne, suivant les cas. Pour obtenir des résultats complets, deux ou trois traitements à doses décroissantes peuvent être nécessaires. Les renseignements que l'on possède sur la question, bien que nombreux, ne permettent pas encore de donner des directives rigoureuses.

Les solutions de chlorate de soude n'attaquent pas les pulvérisateurs ordinaires. Mais il ne faut pas oublier que toute matière combustible (vêtements, chaussures, récipients en bois) imprégnée d'une solution de chlorate de soude, puis séchée, s'enflamme comme de la poudre avec la plus grande facilité et peut même s'enflammer à la suite d'un simple choc. Ce danger doit être connu de tous ceux qui manipulent des solutions de chlorate de soude.

DESTRUCTION DU CHIENDENT

En principe, on détruit le Chiendent par des façons superficielles d'été qui, en coupant les pousses feuillées au fur et à mesure de leur formation, entraînent la mort des rhizomes par épuisement. La méthode est d'emploi très général et elle est couramment utilisée dans la culture de l'Olivier **(57)**.

Appliquée aux cultures de céréales, la destruction du Chiendent s'obtient dans la sole en jachère. La jachère cultivée, en maintenant le sol humide pendant l'été, est très favorable au développement du Chiendent. Elle est donc très favorable aussi à sa destruction. Les rhizomes en effet s'épuisent d'autant plus vite que, placés dans un sol humide, ils donnent plus vite des pousses feuillées.

Dans la jachère, la végétation du Chiendent débute en Avril. C'est lorsque sa végétation est bien partie qu'on commence à l'attaquer tout spécialement, en le sectionnant à quelques centimètres au-dessous du sol avec des cultivateurs à lames coupantes qui se croisent largement ou avec de simples charrues imitées de la maacha sfaxienne. La régularité du travail est une condition nécessaire à la réussite de l'opération. La nature des instruments, la forme des lames et leur état d'entretien doivent donc être bien adaptés au but poursuivi. Il ne faut pas laisser de manque.

La première façon dirigée contre le Chiendent est faite en Avril, début Mai. A partir de ce moment, il faut couper les pousses feuillées

dès qu'elles pointent à nouveau hors du sol, sans répit, sans permettre à la fonction chlorophyllienne de s'exercer à nouveau. En Mai, les façons se répètent tous les six à dix jours. En Juin, elles deviennent plus espacées. Quelques-unes, plus profondes, utilisant une charrue à disque, par ex., coupent les rhizomes au-dessous du plan des sections habituelles des façons précédentes. En plein été, le Chiendent, affaibli, ne donne que lentement de nouvelles pousses. Leur développement est à surveiller de très près. Des façons successives continuées jusqu'en Septembre les détruisent au fur et à mesure de leur apparition. A ce moment, l'arrachage au crochet des quelques rejets filiformes qui apparaissent encore parachèvera le travail à peu de frais, si c'est nécessaire.

Il faut compter ainsi de dix à seize façons, réparties de Mai à Septembre, pour faire disparaître le Chiendent. Le prix de revient est naturellement très élevé.

Possible dans les terres homogènes et fraîches en été, où le travail peut être régulier, la destruction du Chiendent par épuisement des rhizomes est plus difficile et plus aléatoire dans les terres tuffeuses, hétérogènes, dans lesquelles les rhizomes peuvent voir leur végétation s'arrêter faute d'eau avant épuisement complet. Détuffage et destruction du Chiendent sont alors deux améliorations foncières à mener de pair.

Dans les terres fortes, la destruction du Chiendent est possible par une méthode toute différente : labour d'été profond. Ce labour est effectué le plus tôt possible après la moisson, avant le 1er Août. Il doit pénétrer au-dessous de la couche de terre où sont les rhizomes. Dans les bonnes terres profondes, un labour de 35 à 45cm est nécessaire (1). Il exige naturellement, à cette époque de l'année, une traction très élevée et ne peut être fait qu'avec des charrues spéciales, très massives et soigneusement réglées. Les charrues ont en effet tendance à sauter les taches de Chiendent, au niveau desquelles le sol est plus dur. Or, un travail irrégulier perd la plus grande partie de son intérêt.

Le labour doit former de grosses mottes dans lesquelles sont pris les rhizomes. Ces mottes, sans contact intime avec le sous-sol, se dessèchent profondément pendant le mois d'Août, avant les pluies d'orage de Septembre. La mort des rhizomes en résulte. Il faut donc que le travail soit terminé assez tôt pour que cette dessiccation soit complète. De gros orages d'été suivis de pluies d'automne précoces compromettent naturellement le résultat.

---

(1) La plupart des renseignements relatifs à la destruction du Chiendent dans les terres à céréales m'ont été oralement communiqués par MM Cailloux et Allemand, que je remercie pour la précieuse documentation qu'ils m'ont obligeamment fournie.

En pratique, cette méthode de destruction du Chiendent par dessiccation des rhizomes nécessite une traction très élevée, des charrues spéciales, et elle fournit des résultats moins réguliers, moins sûrs que la méthode par épuisement des rhizomes. Cette dernière est donc la meilleure.

Le chlorate de soude peut servir à la destruction du Chiendent. Une première pulvérisation d'une solution à 20 % peut être faite sur les taches, dans les chaumes, après la moisson. Elle méritera d'être complétée par des pulvérisations complémentaires à l'automne ou au début de l'été suivant, dans la jachère, partout où le Chiendent reparaît. Le procédé n'est applicable que si le Chiendent est très localisé sur des taches de faible superficie. Sa technique exacte reste à préciser.

La destruction du Chiendent est de toute façon une opération coûteuse. Mais elle est rigoureusement nécessaire pour que la jachère cultivée donne les résultats complets que l'on est en droit d'attendre d'elle. Ce n'est donc pas une opération culturale courante. C'est une véritable amélioration foncière.

DESTRUCTION DU LISERON

Le Liseron se différencie bien du Chiendent par ses rhizomes verticaux très profonds, plus riches en matières de réserves. Les façons superficielles répétées qui détruisent le Chiendent ne font pas sensiblement régresser les taches de Liseron dont les réserves ne sont pas encore épuisées à l'automne. Dans des essais effectués en Amérique **(55, 56)**, il a fallu trois ans de culture continue, avec 20 à 40 façons superficielles par an, pour le faire disparaître complètement. Autant dire que la destruction du Liseron par des méthodes culturales est pratiquement impossible dans les terres à céréales. Seules, en effet, des cultures étouffantes de fourrages alternant avec la jachère pendant plusieurs années sont susceptibles de donner des résultats positifs.

En fait, en Tunisie, le Liseron s'étend dans les terres les mieux cultivées, en dépit des jachères les mieux conduites. Si l'on songe que, dans certaines régions de l'Etat de Washington, on ne consent aucun prêt gagé sur des terres envahies par le Liseron, on conviendra que cette mauvaise herbe peut devenir redoutable; quelques rares colons seuls n'en sous-estiment pas l'importance.

Le chlorate de soude peut être particulièrement intéressant contre le Liseron, tant qu'il est localisé sous forme de taches de surface restreinte. Pour LATSHAW **(35)**, il faut compter au moins 375 kg. de chlorate par ha. pour obtenir un résultat complet. SCHAFER **(56)**

donne une dose de 550 kg. Plusieurs pulvérisations sont nécessaires, échelonnées depuis la floraison jusqu'à l'automne. Des essais effectués en Tunisie permettront de fixer de façon précise la technique à suivre pour détruire le Liseron dans les terres à céréales. Les données que l'on possède laissent espérer des résultats favorables.

Comme l'emploi du chlorate de soude à fortes doses (500 kg. à l'ha. valant 2.000 francs environ) constitue le seul moyen effectif de destruction du Liseron dans les terres à céréales, il importe de se méfier beaucoup de cette mauvaise herbe et de la détruire dès qu'elle apparaît dans une parcelle, alors que les surfaces envahies sont encore peu étendues. Ce n'est que dans ces conditions que l'emploi du chlorate de soude n'est pas d'un prix prohibitif.

DESTRUCTION DE L'OXALIS

L'Oxalis est un nouveau venu dans les terres à céréales. Mais il s'y rencontre de plus en plus fréquemment. C'est, pour ces terres, une mauvaise herbe très dangereuse qu'il est difficile de faire disparaître. Si l'on n'y prend garde, l'Oxalis constituera, dans un avenir peut-être rapproché, une mauvaise herbe plus dangereuse que le Chiendent. Les agriculteurs tunisiens ne doivent pas l'ignorer.

L'Oxalis apparaît par taches, apporté avec les plants livrés par les pépinières sous forme de bulbilles, peut-être aussi de graines **(12 bis)**. Il s'installe d'abord dans les jardins, dans les vergers et dans les haies. De là, lentement mais sûrement, il gagne les terres de culture, où il se dissémine par petites taches.

L'obligation pour les horticulteurs de détruire l'Oxalis dans leurs cultures constituerait, à l'heure actuelle, une mesure bien tardive et pourtant toujours nécessaire. Mais elle est d'application très délicate. Au point de vue législatif, elle rentrerait dans le cadre des décrets relatifs à la défense des cultures contre les parasites animaux ou végétaux, qui comprennent déjà des phanérogames parasites telles que les Cuscutes.

Dans les terres à céréales envahies par l'Oxalis, la jachère cultivée ne suffit plus. Il faut la combiner avec des cultures étouffantes de fourrages pour empêcher la production des bulbilles et faire régresser l'Oxalis. Dans les terres légères ou tuffeuses, le procédé est même inapplicable, car le fourrage ne couvre pas le sol au niveau des taches envahies par l'Oxalis, qui ne peut ainsi être étouffé.

Si l'Oxalis est encore très localisé, le chlorate de soude peut le faire disparaître plus facilement et plus aisément que les façons culturales. Dans la sole en Blé, par ex., les taches sont pulvérisées en hiver, avant la floraison de l'Oxalis, avec une solution de chlorate à

20 %. Une deuxième pulvérisation à 15 % est faite sur les repousses un ou deux mois après. Toute végétation est naturellement détruite au niveau des taches traitées (XII, 1 et 2). L'année suivante, la jachère parachèvera le travail. La dépense est faible si les taches sont petites. Le procédé devient inapplicable dès que l'on trouve de l'Oxalis un peu partout, disséminé par les façons culturales. Il faut donc surveiller de près l'apparition de cette mauvaise herbe dans les terres de grande culture et intervenir énergiquement avant qu'il ne soit trop tard.

CONCLUSIONS

La lutte contre les mauvaises herbes des cultures de céréales doit être, pour les agriculteurs, une préoccupation de tous les instants. Elle met en effet en œuvre des techniques diverses qui intéressent les opérations culturales les plus variées. Le problème est de tous les temps et de tous les pays. Ses solutions actuelles sont susceptibles de perfectionnements que fera nécessairement apparaître l'étude méthodique de la biologie des espèces dangereuses.

Toutes les améliorations que l'on peut réaliser dans la culture des céréales sont vaines si les mauvaises herbes ne sont pas tout d'abord mises hors question. La culture intensive suppose obligatoirement des terres propres. La lutte contre les mauvaises herbes conditionne donc tous les autres progrès culturaux, et son importance est primordiale.

Les céréales sont en permanence sous la menace des mauvaises herbes, toujours prêtes à profiter de la moindre faute culturale. Une simple négligence suffit pour salir une terre; des années peuvent être nécessaires pour la nettoyer. Aucun agriculteur ne peut se vanter d'avoir des terres toujours propres. Aussi, ce sont ceux qui luttent avec le plus de succès contre les mauvaises herbes qui les redoutent le plus. Eux seuls connaissent les avantages inappréciables d'une terre propre, les efforts qu'ils ont dû fournir pour arriver à ce résultat et les précautions qu'ils doivent prendre pour éviter le retour des mauvaises herbes.

L'agriculteur qui veut lutter méthodiquement contre les plantes adventices, qui sont l'un de ses plus sérieux ennemis, doit donc connaître les espèces les plus communes. Les jeunes plantules sont pour lui aussi intéressantes que les plantes adultes, dont elles diffèrent parfois beaucoup. La germination, la formation des graines sont, au point de vue agricole, les phases les plus importantes de la biologie des mauvaises herbes, sur la connaissance desquelles sont basés la plupart des procédés de lutte.

La lutte contre les mauvaises herbes est dominée par quelques principes généraux très simples et qu'il est pourtant utile de rappeler :

Eviter la formation des graines partout où c'est possible (jachère, cultures sarclées, fourrages même).

Assurer au maximum la germination des graines en dehors de la céréale.

Favoriser la céréale par tous les moyens, la place restant toujours au premier occupant.

Utiliser les désherbants chimiques lorsque les méthodes culturales sont en défaut. Ces désherbants ne doivent être considérés que comme les adjuvants d'une bonne culture. Ce serait une erreur grave que de croire qu'ils peuvent la remplacer.

Combattues par tous les moyens dont dispose l'agriculteur, les mauvaises herbes sont toujours vaincues. Si complexe que soit le problème, il est soluble. Les résultats qu'obtiennent en Tunisie de très nombreux agriculteurs sont là pour le prouver. Il faut seulement souhaiter de lui trouver des solutions de plus en plus faciles, de moins en moins coûteuses. La question est toujours d'actualité.

***

La plupart des photographies de plantes adultes (I, 1; II, 1; III, 1; IV, 1; VI, 1 et 4; VII, 1; IX, 5; X, 1 et 3; XI, 3) qui figurent dans les planches sont l'œuvre de M. Vialas qui, comme Professeur de Botanique à l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis, s'était déjà préoccupé de l'étude des mauvaises herbes. Je lui suis très reconnaissant de m'avoir autorisé à les utiliser pour illustrer ce travail.

Je tiens à remercier ici toutes les personnalités du monde agricole qui ont bien voulu me faire bénéficier de leurs connaissances sur cette question, qui touche à tous les domaines de l'agriculture. Elles sont si nombreuses, surtout parmi les colons, qu'elles m'excuseront de ne pas les nommer.

BIBLIOGRAPHIE

Les références bibliographiques relatives aux mauvaises herbes sont très nombreuses. Pour ne pas donner une bibliographie très longue et qui, pourtant, serait restée incomplète, je ne cite ici que les travaux que j'ai utilisés de façon spéciale.

1 — Arny (A. C.). — Variations in the organic reserves in underground parts of five perennial weeds from late april to november (*Un. of Minnesota, Agric. Expt. St., Tech. Bul.* **84**, 28 p., 12 fig., Bib., 1932).

2 — Aslander (A.). — Sulphuric acid as a weed spray (*Journ. of Agric. Research*, **34**, p. 1065-1091, 5 fig., Bibl., 1927).

3 — Aslander (A.). — Experiments on the eradication of Canada thistle with chlorates and other herbicides (*Journ. of Agric. Research*, **36**, p. 915-934, 1928).

4 — Ball (W. S.), Madson (B. A.) and Robbins (W. W.). — The control of weeds (*California Agric. Extension Service, Circ.* N° 54, June 1931).

5 — Bœuf (F.). — Enquête sur la culture des céréales dans la région Nord de la Tunisie, au moment de la moisson 1914. (*Bul. de la Dir. Gén. de l'Agric. de Tunisie*, XIX, p. 135-154, 1915).

6 — Bœuf (F.). — La photosensibilisation des organismes (*Ann. du Serv. Bot. de Tunisie*, X, p. 179-218, 1933).

7 — Bowser (W. E.) and Newton (J. D.). — Decomposition and movement of herbicides in soils and effects on soil microbiogical activity and subsequent crop growth (*Canadian Journ. of Research*, VIII, p. 73-100, Bibliog., 1933).

8 — Brenchley (W. E.) and Warington (K.). — The weed seed population of arable soil. I. — Numerical estimation of viable seeds and observations on their natural dormancy (*The Journ. of Ecology*, XVIII, p. 235-272, 11 tab., 1930).

9 — Cailloux (M.). — La culture du Blé dans la deuxième zone (*C. R. du Congrès d'Agronomie du Cinquantenaire*, I, p. 83-92, 1931).

10 — Carre (G.). — Un nouveau procédé de destruction des mauvaises herbes dans les céréales (*C. R. de l'Acad. d'Agr.*, XVIII, p. 97-101, 1932).

11 — CHABROLIN (Ch.). — Les mauvaises herbes des cultures de céréales — Comment éviter leur développement (*La Tunisie Agricole*, 33, N° 2, 1932).

12 — CHABROLIN (Ch.). — Le désherbage sélectif des céréales par le chlorate de soude de soude (*C. R. de l'Acad. d'Agric.* XIX, p. 1035-1040, 1933 et XX, p. 786-791, 1934).

12 bis — CHABROLIN (CH.). — Les graines d'*Oxalis cernua* Thunb, en Tunisie (*Bul. de la Soc. d'Hist. nat. de l'Afrique du Nord*, XXV, p. 396-398, 1934).

12 ter — CHABROLIN (Ch.). — Le *Thesium*, parasite des céréales. Biologie et procédés de lutte (*La Tunisie agricole*, XXXV, p. 165-168, 1934).

13 — CRAFTS (A. S.) and KENNEDY (P. B.). — The physiology of *Convolvulus arvensis* in relation to its control by chemical sprays (*Plant Physiology*, 3, p. 329-344, 1930).

14 — DELAPORTE. — Emploi des Orges précoces dans la lutte contre la Folle-avoine (*La Tunisie agricole*, 1925).

15 — DUCELLIER (L.). — Note sur la végétation de l'*Oxalis cernua* Thunb. en Algérie (*Rev. Gén. de Botan.*, XXV, p. 217-227, 1914).

16 — DUCELLIER (L.). — La destruction de l'Oxalis en Algérie. (*Rev. Agric .de l'Afrique du Nord*, p. 200-205 et 212-218, 1923).

17 — DUCELLIER (L.). — Le Ridolfia des moissons ou faux-fenouil en Algérie (*Rev. agric. de l'Afrique du Nord*, IX, p. 538-540, 1923).

18 — DUCELLIER (L.). — La caille et les semences des mauvaises herbes (*Bul. de la Soc. des Agric. d'Algérie*, 1928).

19 — DUMONT (H.). — Pour avoir des champs propres. Emploi de solutions de sel marin (*L'Association*, 17 juin 1927).

20 — FRANÇOIS (L). — Les semences de plantes adventices dans les céréales (*Ann. Agron.*, 45, p. 543-567, 1928 et 46, p. 176-193, 37 fig., 1929).

21 — FROMONT (de). — Destruction de la folle-avoine (*Rev. Agric. de l'Afrique du Nord*, IX, p. 834, 1923).

22 — FRON (G.) et ARNAL (A.). — Essais de destruction de genêts par le chlorate de soude (*C. R. de l'Acad. d'Agric.*, XIII, p. 215-217, 1927).

23 — FRON (G.). — Sur la destruction de la renoncule des champs dans les céréales (*C. R. de l'Acad. d'Agric.*, XIX, p. 892-898, 1933).

24 — FRON (G.) et BERTRAND (M[lle] R). — Contribution à l'étude de l'influence des chlorates sur la végétation (*Ann. Agronomiques*, IV, 1, p. 1-25, 8 fig., Bibliog., 1934).

25 — Godard (F.). — El Hamra (*Hypericum crispum*) (*La Tunisie agric.*, XXIX, p. 1-3, 1928).

26 — Greger (J.). — Mikroskopie der landwirtchaftlichen Unkrautsamen, 117 p., 106 fig., Berlin, 1927).

27 — Howard (W. L.). — Etude expérimentale sur la période de repos des plantes — 4e rapport — Les graines (*Un. of Missoury, Coll. of Agric., Research Bul.* N° 17, p. 3-58, 1915) (*An. in Rev. Int. d'Agric.*, p. 1727-1731, 1915-2).

28 — Jaguenaud (M.). — La sylvinite en poudre comme désherbant (*C. R. Acad. Agric.*, XIV, p. 691-697, 1928).

29 — Jaguenaud (M.) — Nouvelles recherches sur les désherbants en poudre (*C. R. Acad. Agric.*, XV, p. 611, 1929).

30 — Johnson (E). — The puncture vine in California (*Tribulus terrestris*) (*Un. of California, Agric. Expt. St., Bul.* 528, 42 p., 11 fig., Bib., 1932).

31 — Kinzel (W.). — Uber den Einfluss des Lichtes auf die Keimung. « Lichtharte Samen ». (*Ber. d. deutsch. Bot Ges.*, XXV, p. 269-276, 1907).

32 — Kinzel (W.). — Die Wirkung des Lichtes auf die Keimung (*Ber. d. deutsch. Bot. Ges.*, XXVI a, p. 105-115, 1908).

33 — Kinzel (W.). — Lichtkeimung (*B. d. deutsch. Bot. Ges.*, XXVI a, p. 631-645, 2 fig.; p. 654-665, Bib., 1908 et XXVII, p. 536-545, 1 pl., 1909).

34 — Korsmo (E.). — Unkräuter in Ackerbau der Neuzeit, 1 vol., 580 p., 470 fig., 56 tab., Bibliog., Berlin, 1930.

35 — Latshaw (W. L.). — Experiments with sodium chlorate and other chemicals as herbicides for field bindweed (*Journ. of. Agric. Research*, 35, p. 757-767, 2 pl., Bibliog., 1927).

36 — Laumont (P.) — Les mauvaises herbes et leurs graines en Algérie (*Rev. Agric. de l'Afrique du Nord*, p. 262-270, 1 fig., 1931).

37 — Lehmann (E.), und Aichele (F). — Keimungsphysiologie der Gräser, 1 vol., 678 p., 152 fig., Stuttgart 1931.

38 — Loomis (W. E.), Smith (E. V.), Bissey (R.), Arnold (L. E.). — The absorption and movements of sodium chlorate when used as a herbicide (*Journ. Am. Sty. Agr.*, 25, p. 724-740, 1933) (*An. in. An. Agron.*, 4, p. 132, 1934).

39 — Loyer. — Emploi des chlorates pour la destruction des herbes dans les céréales de printemps (*C. R. de l'Acad. d'Agric.*, IX, p. 957-960, 1923).

40 — Marchegay (M.). — Destruction des mauvaises herbes et de la folle-avoine (*L'Association*, Tunis, 1er mars 1923).

41 — MAUPAS (A). — Sur la germination des semences de folle-avoine (*Progrès Agr. et Vitic.*, 83, p. 254-259, 1925).

42 — MUENSCHER (W. C.). — Killing perennial weeds with chlorates during winter (*Cornell Un. Agric. Expt. St.*, *Bul.* 542, 8 p., 1932).

43 — MUNERATI (O.) e ZAPPAROLI (T. V.). — L'acidita dei concimi chimici in rapporto alla germinazione dei semi delle leguminose infeste quiescenti nel terreno (*Le Staz. Sperim. Agrar. Italiane*, XLVI, p. 5-17, 1913).

44 — MUNERATI (O.) e ZAPPAROLI (T. V.). — L'alternanza della umidita e della siccita sulla germinazione dei semi delle piante spontanee (*Le Staz. Sperim. Agrar. Italiane*, XLVI, p. 157-195, 1913).

45 — MUNERATI (O.). — La conservazione della vitalita dei semi delle piante spontanee in superficie del suolo (*Nuovi An. del Minist. p. l'Agric.*, II, p. 243-249, 1922).

46 — MUNERATI (O.). — Sulla conservazione della vitalita dei semi delle piante spontanee negli strati profondi del solo (*A. d. Societa Agronomica Italiana*, IV-V, N° 3, 1924).

47 — MUNERATI (O.). — L'obligatorieta della lotta contro le piante infestanti (*A. d. R. Ist. Veneto di Scienze, Let. ed. Arti*, XC, p. 245-251, 1930-31).

48 — N.... — L'organisation et les travaux du Bureau de Botanique appliquée pendant vingt ans de son fonctionnement (1894-1914), 1 vol., 1637 p., Petrograd 1916 — Travaux de A. MALZEW et J. PACZOWSKY.

49 — PERROT. — Principales plantes adventices nuisibles aux céréales dans la région de Batna (*Rev. Agric. de l'Afrique du Nord*, XXV, p. 456-461, 1927).

50 — RABATE (E). — La destruction des mauvaises herbes, 3ᵉ éd., 176 p., Paris, 1934.

51 — RABATE (E.). — Emploi de l'acide sulfurique contre les mauvaises herbes et contre certains parasites des cultures (*Rev. Int. des Renseignements Agric.*, IV, p. 562-574, 1926).

52 — RABATE (E.). — La destruction des mauvaises herbes dans les emblavures (*C. R. Acad. Agric.*, XIV, p. 636-641, 1928).

53 — RABATE (E.). — La sylvinite en poudre comme désherbant (*C R. Acad. Agric.*, XIV, p. 689-691, 1928).

54 — SCHRIBAUX (E.). — Notice sur les travaux scientifiques de M. E. SCHRIBAUX, 72 p., 27 fig., Paris, 1911).

55 — SCHAFER (E. G.). — The bindweed (*Convolvulus arvensis*) (*Agric. Exp. Stat. Pullman, Washington, pop. Bul.* N° 137, 1927).

56 — SCHAFER (E. G.), LEE (O. C.), NELLER (J. R.). — Eradicating the bindweed (*Convolvulus arvensis*) with sodium chlorate (*Agr. Exp. Stat. Pullman, Washington*, Bul. 235, 1929).

57 — Tourniéroux. — L'Oléiculture en Tunisie — 1 vol. 371 p., Tunis, 1929.

58 — Vialas (M.). — La destruction des mauvaises herbes dans les céréales par l'acide sulfurique dilué (*Le Colon français*, 6 et 13 juin 1925).

59 — Vivet. — Destruction des mauvaises herbes par l'acide sulfurique (*Rev. Agric. de l'Afrique du Nord*, XXVII, p. 17, 1929).

60 — Witte (H.). — Is it possible to formulate some universal rules for an estimate of the practical value of hard leguminous seeds ? (*C. R. de l'Ass. Int. d'Essais de Semences*, N° 18, p. 127-134, 1931). Avec bibliographie relative aux graines dures.

61 — Witte (H.). — Some investigations on the germination of hard seeds of red clover, alsike clover and some other leguminous plants (*C. R. de l'Ass. Int. d'Essais de Semences*, N° 18, p. 135-147, 1931).

62 — Zade (A.). — Der Flughafer (*Avena fatua*) (*Arb. d. deutsch. Landw. Ges.*, Berlin, 1912).

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I

Ravenelle (*Raphanus Raphanistrum*).

1. — Plante adulte avec fruits à complet développement. Photo VIALAS.

2. — Fleur vue de face. Pétales blancs à nervures brun violacé. Grossi de 1/4.

3. — Fragment de fruit mûr renfermant 3 graines. Contrairement à ce que l'on croit généralement, à maturité complète, les graines sont situées au niveau des étranglements de la silique. Gr. =2,4.

4. — Article du fruit ouvert et montrant la cavité où est logée la graine. Les parois de cette loge sont très dures. Le fruit se fend suivant la ligne de suture des deux valves de la silique, lorsque la graine germe. Gr. = 4.

5. — Graine. — Elle est arrondie, légèrement aplatie et mesure environ 2mm5 de diamètre dans sa plus grande dimension. Sa surface est ornée d'un très fin réseau visible à la loupe. Elle est brune avec un hile blanc. Gr. = 4.

6. — Plantule. — Les feuilles cotylédonaires ont disparu. Elles sont identiques à celles du Rapistre (II, 5). Les feuilles sont rudes au toucher. A cet état, la plantule est tuée par une solution d'acide sulfurique à 12 %, mais il ne faut pas attendre davantage. 2/3 gr. nat.

PLANCHE II

Rapistre (*Rapistrum orientale*).

1. — Plante adulte. La photographie comprend la base de la plante, à grosse tige lignifiée et forte racine pivotante et une partie de l'inflorescence, avec grappes de fruits terminées par des bouquets de petites fleurs jaunes. Photo VIALAS.

2. — Grappes de fruits mûrs. Les fruits sont portés par un court pédoncule dressé le long de la tige. Grandeur naturelle.

3. — Fruit isolé. — Chaque fruit est formé d'un article stérile qui prolonge le pédoncule et d'un article globuleux, irrégulièrement mamelonné, que surmonte le style. L'article globuleux mesure 2 à 3^{mm} de diamètre. Il renferme une seule graine. La forme du fruit est très caractéristique et sert à reconnaître l'espèce. Gr. = 8.

4. — Graine. — Elle est lisse, globuleuse, de couleur brune à hile blanc et mesure de 1^{mm} à $1^{mm},5$ de diamètre. Elle reste entourée par les parois lignifiées du fruit. Le fruit se fend en deux au moment de la germination. Gr. = 8.

5. — Plantule. — Les deux feuilles cotylédonaires en cœur sont bien apparentes. Ces plantules ne peuvent pas être distinguées de celles de Ravenelle. A ce stade de leur développement, elles sont facilement détruites par les solutions d'acide sulfurique à 12 %. Grandeur naturelle.

PLANCHE III

Fumeterres.

1. — *Fumaria parviflora.* — Plante adulte avec fleurs et fruits en petites grappes peu apparentes. Les tiges sont grêles, herbacées. Les feuilles sont divisées en fines lanières. Photo Vialas.

2. — *Fumaria agraria.* — Plantules à différents stades. Les feuilles cotylédonaires sont entières, très longues. Les autres feuilles ont leur limbe divisé en larges lanières aplaties. Elles sont glabres et se mouillent difficilement. Les très jeunes plantules, comme celle de droite, sont détruites par les solutions d'acide sulfurique à 14 %. Les plantules plus développées résistent mieux. Grandeur naturelle.

Coquelicot (*Papaver Rhoeas*).

3. — Plantules. — Celle de droite est la plus jeune. Ses feuilles, petites, sont entières ou à peine dentées. Elle n'a que 27^{mm} de diamètre et est pourtant âgée, puisqu'elle possède plus de 10 feuilles. Celle de gauche est plus développée. Ses jeunes feuilles ont disparu. Elles ont été remplacées par des feuilles pédonculées, à limbe profondément divisé. Ces plantules, surtout celle de droite, sont détruites par l'acide sulfurique à 14 %. Grandeur naturelle.

4. — Graine de Coquelicot. — Sa surface est ornée de fines alvéoles. Elle est de couleur brune. Graine minuscule de $0^{mm},8 \times 0,5$. Gr. = 14.

PLANCHE IV

Méliiot (*Melilotus sulcata*).

1. — Plante entière. — Feuilles trifoliées. Grappes de fruits bien apparentes à l'aisselle des feuilles. Photo VIALAS.

2. — Fruit mûr. — La gousse, jaunâtre, desséchée, à parois minces, est ornée de sillons concentriques. Elle conserve le calice de la fleur. A l'intérieur se trouve une seule graine. Elle mesure en moyenne $3^{mm} \times 2{,}5$. Gr. = 8.

3. — Graine. — De couleur brun clair, sa surface est finement verruqueuse. Elle mesure $2^{mm}{,}5 \times 1{,}75$. Gr. = 8.

4. — Fruit de *Melilotus infesta*. — Cette espèce des terrains frais est très voisine de la précédente. Ses gousses sont plus longues, à sillons moins serrés. Elles mesurent $4^{mm} \times 2{,}5$. Ses graines sont identiques aux précédentes (IV, 3). Les graines de ces deux espèces communiquent à la farine une saveur désagréable. Elles sont faciles à reconnaître, car elles restent habituellement entourées par la gousse. Gr. =8.

5. — Plantule de *Melilotus sulcata*. — Les feuilles cotylédonaires sont ovoides. La première feuille, également bien apparente à droite, est simple. Les autres sont trifoliées. A ce stade, ces plantules sont détruites par l'acide sulfurique à 12 %. Il ne faut pas attendre qu'elles soient plus développées que la plantule de gauche. Grandeur naturelle.

PLANCHE V

Faux-fenouil (*Ridolfia segetum*).

1. — Plante adulte. — Les ombelles les plus développées, celle du centre en particulier, portent des fruits mûrs. Les autres portent des fleurs jaunes. Certaines sont encore très jeunes. Les feuilles sont très finement divisées. La plante mesure $1^{m}30$ de hauteur. Elle a été récoltée dans un Blé très envahi par le Faux-fenouil.

2. — Graine (c'est en réalité un fruit) vue de dos (à gauche) et vue par sa face ventrale (à droite). Ces graines sont accolées deux par deux. Elles mesurent 2^{mm} de long. Elles sont lisses, de couleur gris brun, à sommet blanc. Gr. = 7.

3. — Plantules très jeunes. — Les feuilles cotylédonaires, filiformes, sont très apparentes. La plantule de droite n'a qu'une feuille, à peine divisée en y. Celle de gauche a deux feuilles, la deuplus divisée que la première. Très légèrement grossi. Les feuilles cotylédonaires ont 1^{cm} de long environ.

4. — Plantules plus développées. — Les feuilles cotylédonaires existent encore. Mais il existe en outre trois ou quatre feuilles dont les dernières formées sont les plus grandes et les plus divisées. Jusqu'à ce stade, ces plantules sont détruites par l'acide sulfurique à 12 %. Après, leur bourgeon terminal, bien protégé, résiste. Grandeur naturelle.

5. — Plantule en plein développement. — Les premières feuilles ont disparu. Celles qui existent ont leur limbe très divisé. Le bourgeon terminal, gros, est bien protégé. La racine est déjà forte. La plante résiste à l'acide sulfurique à 14 %. 2/5 de grandeur naturelle.

PLANCHE VI

Peigne de Vénus (*Scandix Pecten-Veneris*).

1. — Plante entière avec fruits à complet développement, simulant les dents d'un peigne. Photo VIALAS.

2. — Fruit montrant, de profil, les deux graines accolées qui le constituent. La base du long bec est seule représentée. La longeur totale du fruit est de 5 à 6^{cm}. La graine seule mesure $1^{cm}5$ environ. Gr. = 3.

3. — Plantule. — Les feuilles cotylédonaires sont longues et aplaties. Les feuilles sont profondément divisées et leur face inférieure est nettement poilue le long des nervures. A droite, feuille isolée. De telles plantules sont détruites par l'acide sulfurique à 12 %. Très légèrement grossi.

Souci (*Calendula arvensis*).

4. — Plante adulte avec capitules en fleur et fruits déjà mûrs (à gauche). Les feuilles de la base ont presque toutes disparu. Photo VIALAS.

5. — Fruit du centre du capitule en forme de coupe à bords minces repliés en dedans. Gr. = 3.

6. — Fruit de la périphérie du capitule. Son dos est garni d'épines crochues. Il est de couleur brun clair ou noirâtre. Gr. = 3.

7. — Plantule vue par-dessus. — Ses feuilles épaisses, veloutées, à peine dentées, sont étalées en rosette à la surface du sol. Le bourgeon terminal est mal protégé. A cet état, elles sont encore détruites par l'acide sulfurique à 12 %. Il ne faut pas attendre plus longtemps. 2/3 de grandeur naturelle.

PLANCHE VII

Chrysanthème (*Chrysanthemum coronarium*).

1. — Plante adulte avec capitules en fleur (au sommet) et capitules défleuris (au-dessous). Les fleurs sont jaunes. Les feuilles de la base de la plante ont disparu. Photo VIALAS.

2. — Graine. — Ce sont des akènes brun clair, striés en long. Ils sont souvent pourvus de petites ailes. Ils mesurent 3^{mm} de long. Gr. = 8.

3. — Plantule vue par dessus. Les feuilles cotylédonaires ont déjà disparu. Les feuilles ont leur limbe profondément divisé. A ce stade, les plantules sont encore détruites par l'acide sulfurique à 12 %. C'est la limite pour traiter avec toutes les chances de succès. Très légèrement réduite.

4. — Jeune plante très vigoureuse, en plein développement. Elle est trop touffue pour être tuée par l'acide sulfurique, qui doit être utilisé beaucoup plus tôt.

PLANCHE VIII

Thésium (*Thesium humile*).

1. — Plantes adultes avec fleurs et graines réparties le long des tiges, à l'aisselle des feuilles. 2/5 de grandeur naturelle environ.

2. — Extrémité de tige de plante adulte. On voit bien les graines ovoïdes, placées le long de la tige, à l'aisselle d'une feuille, avec deux petites feuilles latérales qui sont des bractées. 4/5 de grandeur naturelle.

3. — Racines de Thésium avec suçoirs. Ces suçoirs sont fixés sur les racines des plantes nourricières, sur les racines de Blé en particulier. A droite, la racine horizontale est une racine de Blé sur laquelle la racine verticale de Thésium a formé un suçoir. 5/3 de grandeur naturelle.

4. — Graine. — C'est en réalité un fruit surmonté par les sépales de la fleur desséchés et refermés sur eux-mêmes. La graine proprement dite est entourée par une coque lignifiée, véritable noyau à parois minces, à surface verte ou jaunâtre, ornée d'un réseau de nervures saillantes. Ces graines mesurent en moyenne $4^{mm} \times 2{,}25$. Gr. = 8.

5. — **Plantules.** — Le système radiculaire est déjà bien développé mais ne porte pas encore de suçoirs. L'appareil aérien est réduit aux deux feuilles cotylédonaires linéaires, épaisses, dressées. A leur aisselle apparaissent d'autres feuilles. A cet état, qui dure quelques jours, et même lorsque les plantules auront 4 à 6 feuilles, elles sont détruites par l'acide sulfurique à 12 % et par le chlorate de soude à 1 %. Grandeur naturelle.

PLANCHE IX

Trixago — Queue d'agneau (*Trixago apula*).

1. — Plantes adultes. — A droite, plante à tige unique. A gauche, plante ramifiée. Entre les deux, en bas, feuille isolée vue de face. Limbe allongé, régulièrement denté en scie. Au sommet, grappes de fleurs à l'aisselle de larges bractées ovoïdes, velues-glanduleuses.

2. — Détail du sommet de l'inflorescence montrant deux fleurs à corolle irrégulière (blanc-violacé ou jaune). Au-dessous, la corolle des fleurs a disparu et on aperçoit le style des capsules, qui dépasse une large bractée. 4/5 de grandeur naturelle.

3. — Graine brun clair, striée de blanc, de $0^{mm}5 \times 0,3$. La plante est très prolifique. Gr. = 16.

4. — Plantule très jeune, formée de deux minuscules feuilles cotylédonaires à l'aisselle desquelles apparaissent les ébauches des feuilles suivantes. Gr. = 16.

Ray-grass annuel (*Lolium rigidum*).

5. — Plante adulte avec épis de fleurs. Photo Vialas.
6. — Graine vêtue, entourée de ses deux glumelles, vue du côté ventral. A la base, fragment de l'axe de l'épillet, qui se désarticule au-dessous de chaque fleur. Gr. = 7.

Folle-avoine (*Avena sterilis*).

7. — Epillet mûr, formé de trois graines bien développées, avec rudiment de quatrième fleur restée stérile. Les glumelles des deux graines internes sont entourées à leur base de poils fauves ou gris et portent sur leur dos une longue arête genouillée de 5 à 6^{cm} de long, dont la base est seule dessinée. A gauche, graine proprement dite (caryopse) de la fleur inférieure de l'épillet (la plus grande) et de la troisième fleur (la plus petite). Grossi de moitié.

PLANCHE X

Centaurée sans tige (*Centaurea acaulis*).

1. — Plante adulte formée d'une rosette de feuilles velues, étalées à la surface du sol, et de gros capitules épineux de fleurs jaunes. Ces capitules sont portés par des pédoncules très courts. Remarquer que la racine est en réalité un fragment de rhizome dont le diamètre reste constant. Photo VIALAS.

2. — Graine. — Elle est brillante, brun foncé. Surmontée d'une aigrette fauve, elle porte à sa base une petite excroissance jaune (caroncule) entourée de cils. Elle mesure $6^{mm} \times 3$. Gr. = 3,5.

Liseron (*Convolvulus arvensis*).

3. — Plante fleurie, à l'extrémité d'une ramification du rhizome. Tiges grêles, couchées sur le sol ou enroulées autour d'un support. Feuilles en fer de lance. Fleurs d'un blanc violet, en clochettes. Photo VIALAS.

PLANCHE XI

Laiteron vivace (*Sonchus Mauretanicus*).

1. — Plantes adultes, à tiges dressées, plus ou moins ramifiées, terminées par des capitules de fleurs jaunes. Feuilles à limbe plus ou moins profondément divisé, à dents légèrement épineuses. Chaque plante dérive d'une ramification du rhizome.

2. — Graine brun clair, finement striée et ornée de petites dents. Une aigrette blanche la surmonte, formée de poils très fins de 1^{cm} de long (leur base seule est représentée). La graine mesure $2^{mm}5 \times 0,75$. Gr. = 7,5.

Oxalis (*Oxalis cernua*).

3. — Plante fleurie, avec longues hampes nues terminées par des ombelles de fleurs jaunes. Photo VIALAS.

4. — Graine vue de face (à droite) et de profil (à gauche). Cette graine est de couleur brun clair. Elle est ornée de lignes blanches saillantes. Dans la capsule, elle est entourée par une membrane blanche (arille) qui se déchire spontanément à maturité. Le plus souvent, chaque capsule ne mûrit que une ou deux graines, qui mesurent $1^{mm} \times 0,75 \times 0,50$. Gr. = 15.

5. — Graine d'*Oxalis stricta* vue de face (à gauche) et de profil (à droite). La graine de cette espèce annuelle, sans intérêt agricole, est de couleur brun foncé, à côtes blanches peu apparentes. Elle est elliptique, aplatie et mesure $1^{mm}2 \times 0{,}80 \times 0{,}25$. Elle ne peut pas être confondue avec les graines d'*Oxalis cernua*. *Gr.* = 15.

6. — Organes souterrains d'un pied d'Oxalis (d'après DUCELLIER, **16**). Le tout mesure 40^{cm} de long. Le tubercule situé à l'extrémité inférieure (en haut et à droite dans le desssin) atteignait donc 40^{cm} de profondeur dans le sol. En se rétractant, il attire à lui, dans le canal où il était logé, un chapelet de quatre bulbilles dont la plus profonde est la plus grosse. La grosse bulbille située en bas, à gauche, est vide. C'est elle qui a donné le pied représenté. Au-dessus d'elle, le long d'une tige qui va en grossissant de la base au sommet, petites bulbilles en cours de formation. Réduit de plus de moitié.

PLANCHE XII

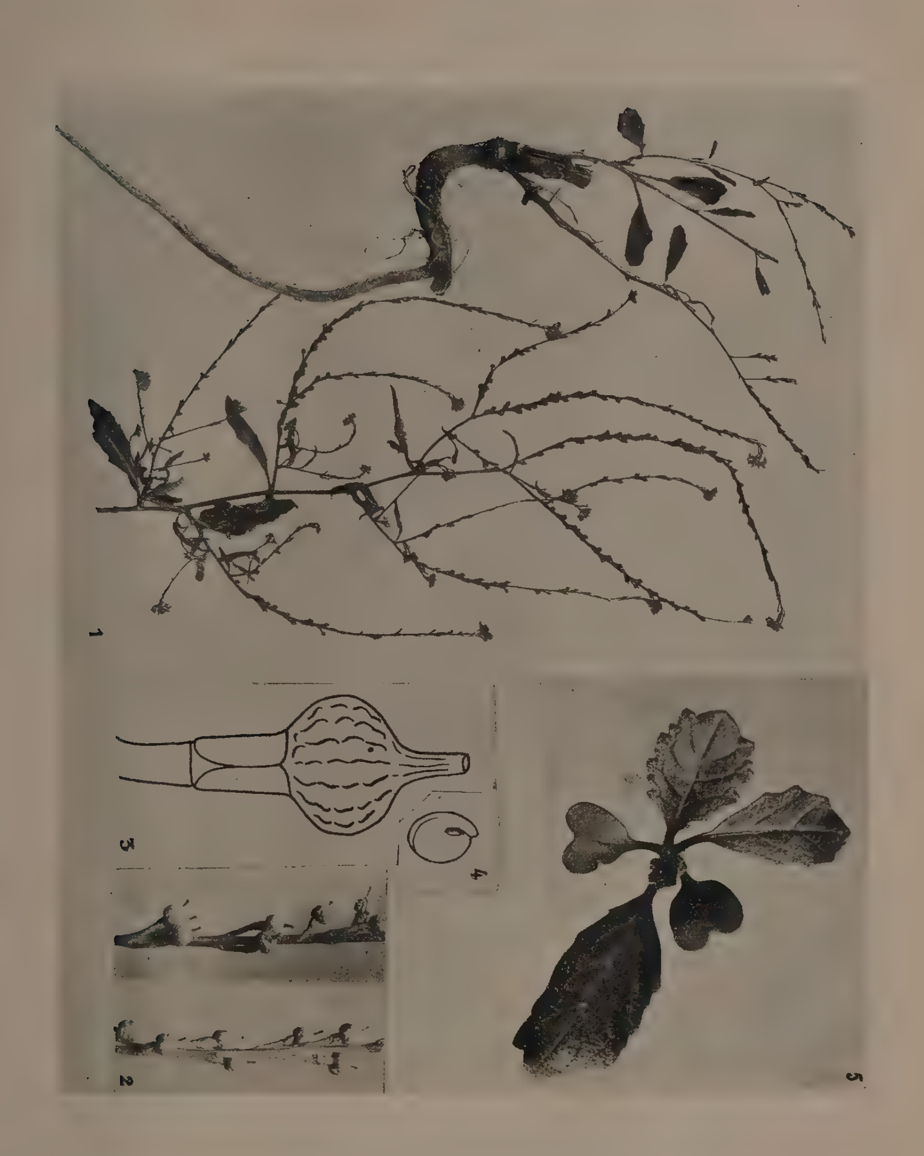
1. — Destruction de l'Oxalis par le chlorate de soude à 200 kg. à l'hectare. Tache d'Oxalis dans un fourrage Vesce-avoine. A cette dose, le chlorate détruit toute la végétation. Il persiste dans le sol plusieurs mois et ses effets peuvent encore se faire sentir un an après.

2. — Détail d'une tache d'Oxalis détruite par le chlorate de soude à 200 kg. à l'hectare. Traitement effectué sur l'Oxalis en pleine végétation, avant la floraison. A gauche, témoin. A droite, toutes les plantes sont mortes. Quelques repousses se formeront plus tard, qu'une deuxième pulvérisation à dose moindre détruira.

3. — Désherbage sélectif d'un champ de Blé envahi par la Ravenelle avec une solution d'acide sulfurique à 12 %. A gauche, parcelle témoin. A droite, le Blé est propre. Seules quelques taches blanches indiquent des manques lors du traitement. Le traitement a procuré une augmentation de rendement de 2 à 4 quintaux à l'hectare.



RAVENELLE. (Raphanus Raphanistrum).



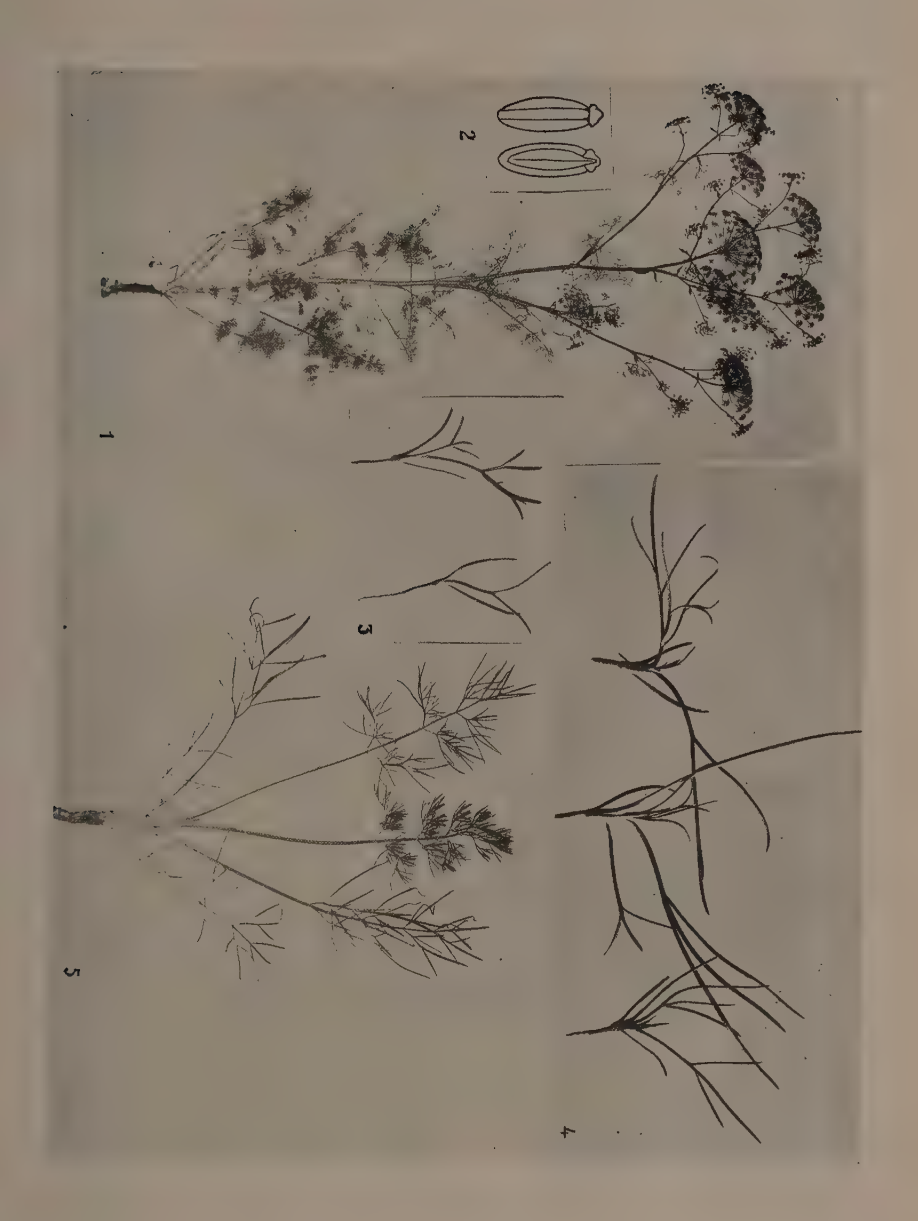
RAPISTRE. (Rapistrum orientale).



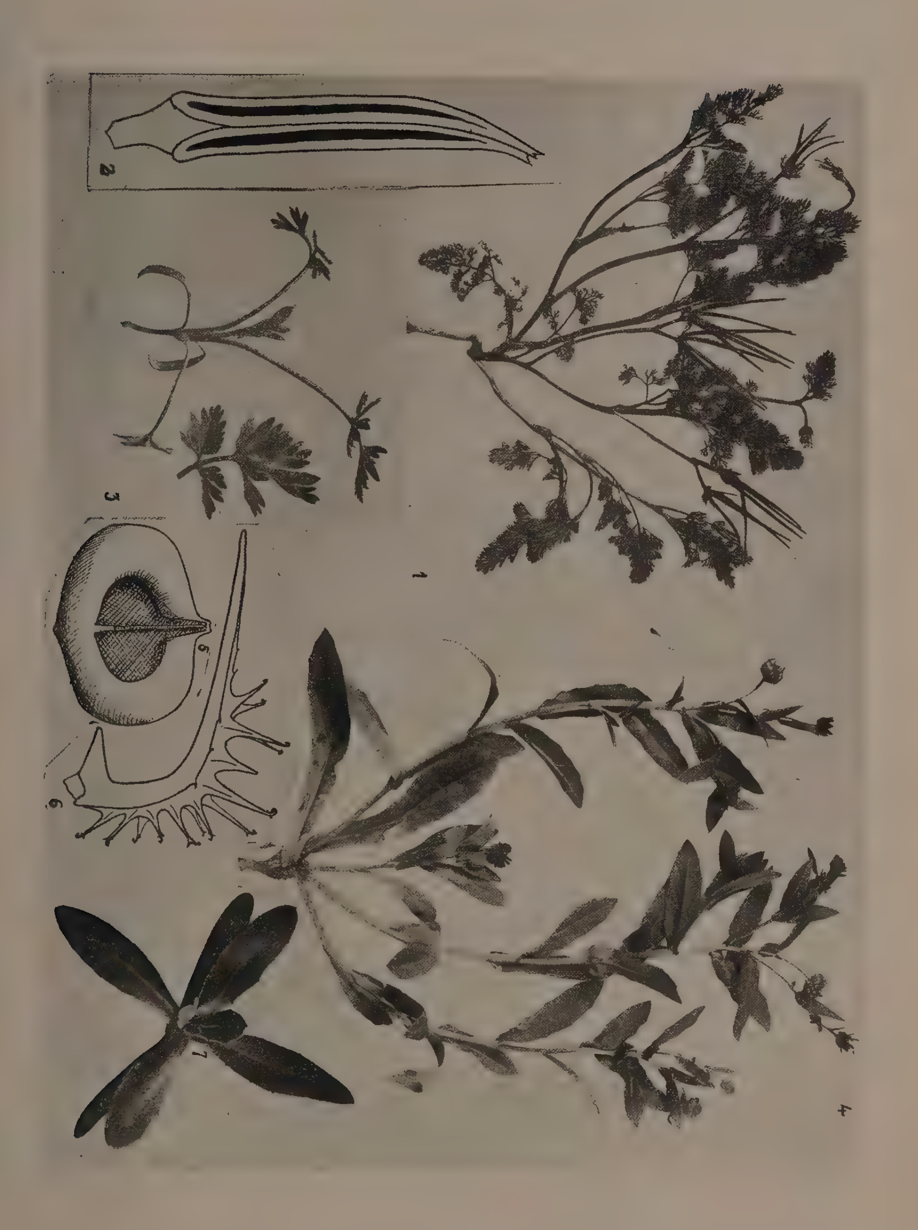
1. - FUMETERRE (Fumaria parviflora).
2. - FUMETERRE (Fumaria agraria).
3. - 4. - COQUELICOT (Papaver Rhœas).



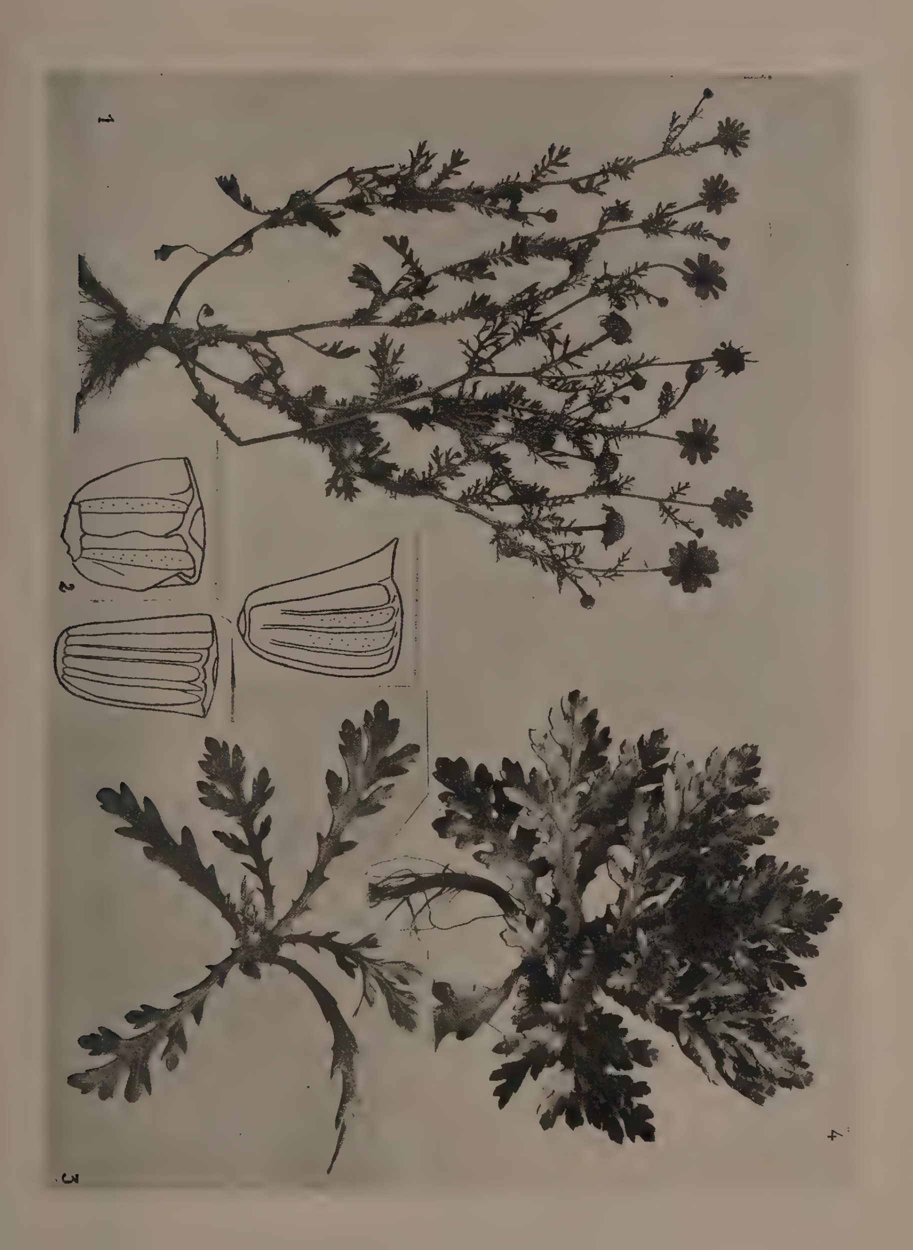
1, - 2. - 3. - 5. - MÉLILOT (Melilotus sulcata).
4. - MÉLILOT (Melilotus infesta).



FAUX-FENOUIL (Ridolfia segetum).



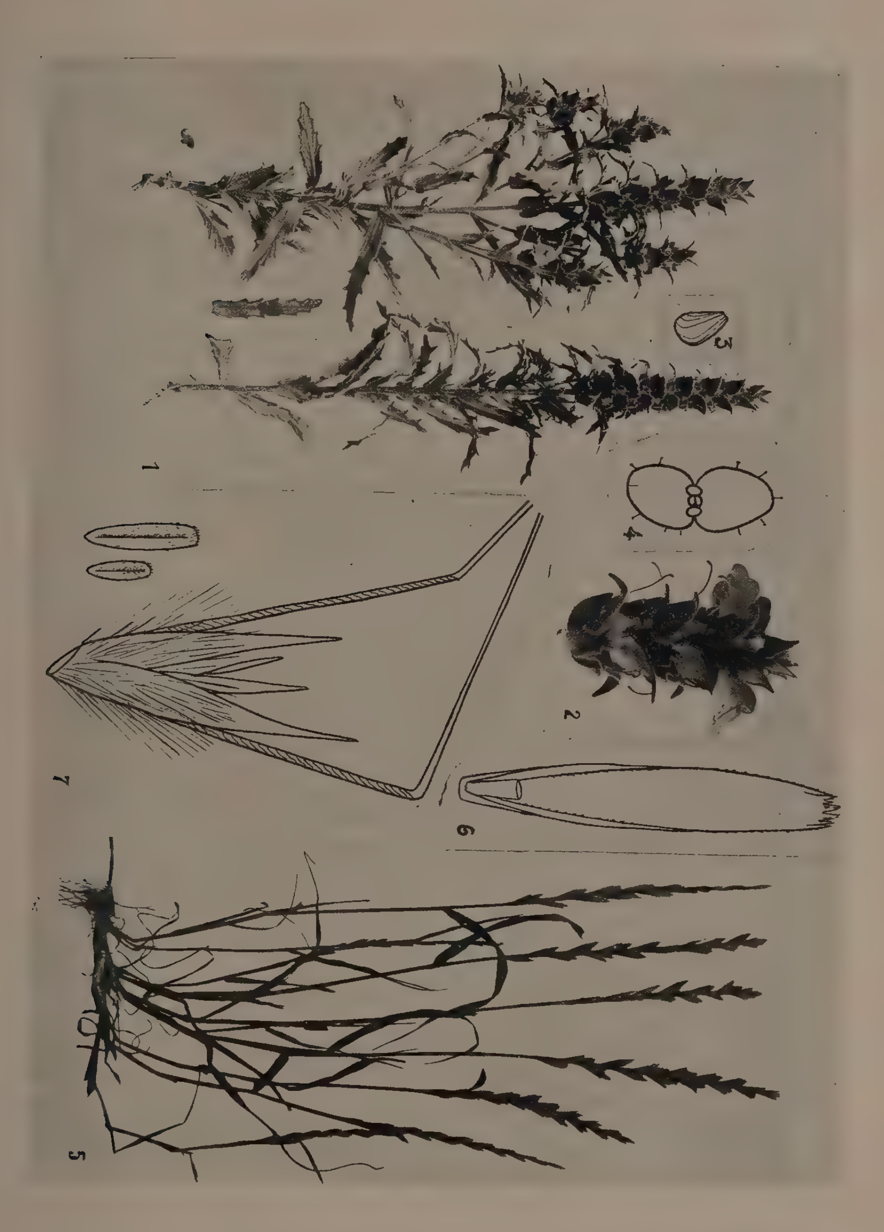
1. - 2. - 3. - PEIGNE DE VÉNUS (Scandix Pecten-Veneris).
4. - 5. - 6. - 7. - SOUCI (Calendula arvensis).



CHRYSANTHÈME (Chrysanthemum coronarium).



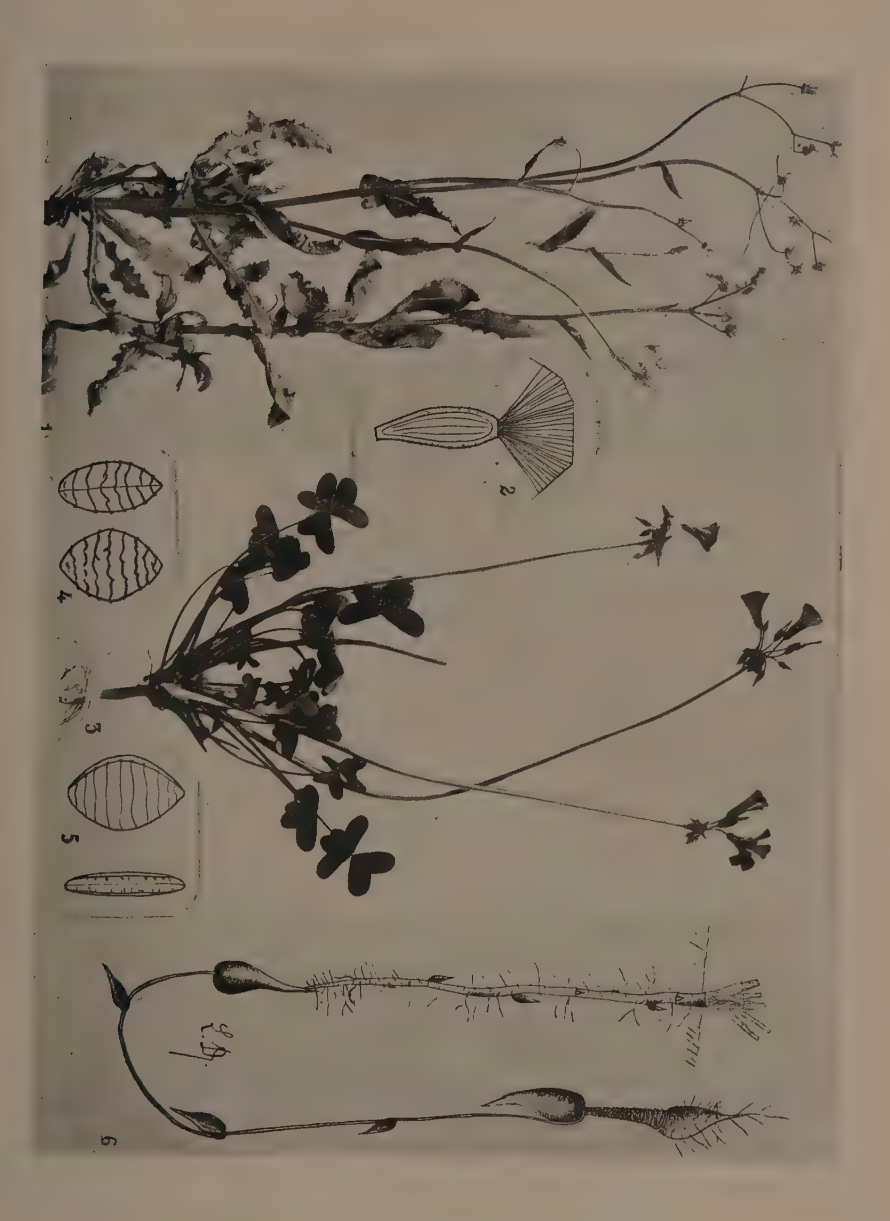
THÉSIUM (Thesium humile).



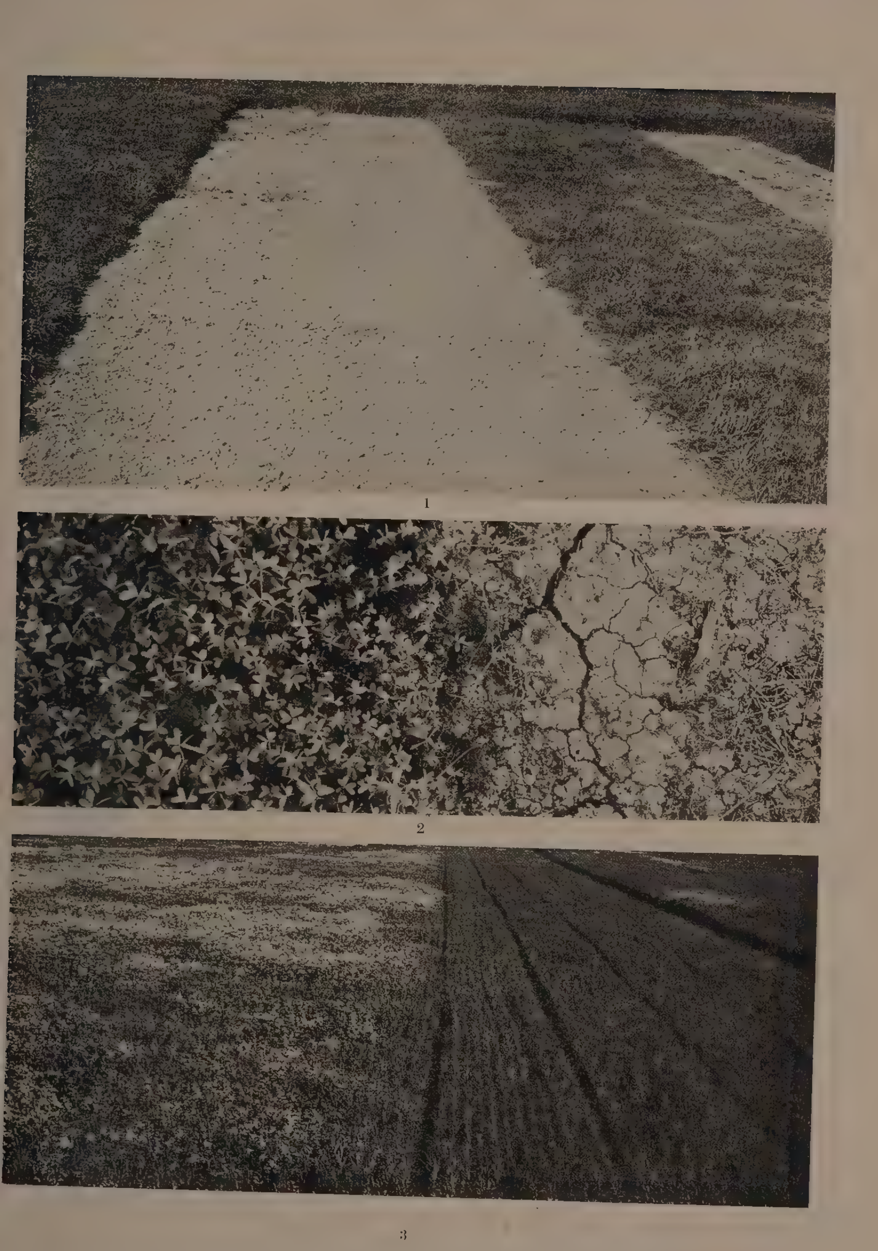
1. - 2. - 3. - 4. - QUEUE D'AGNEAU (Trixago apula).
5. - 6. - RAY-GRASS ANNUEL (Lolium rigidum).
7. - FOLLE AVOINE (Avena sterilis).



1. - 2. - CENTAURÉE SANS TIGE (Centaurea acaulis).
3. - LISERON (Convolvulus arvensis).



1. - 2. - LAITERON VIVACE (Sonchus Mauretanicus).
3. - 4. - 6. - OXALIS (Oxalis cernua).
5. - OXALIS (Oxalis stricta).



1. - 2. - CHLORATE DE SOUDE SUR OXALIS,
3. - ACIDE SULFURIQUE SUR RAVENELLES DANS BLÉ.

CH. CHABROLIN

MONOGRAPHIE D'UNE SANTALACÉE : LE *THESIUM HUMILE*

SOMMAIRE

MONOGRAPHIE D'UNE SANTALACÉE : LE *THESIUM HUMILE*

INTRODUCTION

MITTEN **(100)** [1], en 1847, signala le premier qu'une plante verte, le *Thesium linophyllum* (ou une espèce voisine selon LIGNIER, **95**), possédait sur ses racines des suçoirs qui lui permettaient de vivre en parasite des plantes voisines. Cette découverte du parasitisme d'un représentant du genre *Thesium* a servi de point de départ à toute une série de recherches consacrées aux plantes qui vivent à la façon du *Thesium linophyllum* et constituent avec lui un groupe biologique bien défini, celui des *hémiparasites radicicoles*. L'existence de ce groupe était totalement ignorée avant la publication de la note de MITTEN. Dans son traité de Physiologie végétale, DE CANDOLLE, en 1832, ne distingue en effet que trois groupes de Phanérogames parasites : les parasites caulicoles (Cuscutes), les parasites radicicoles (Orobanches) et les parasites chlorophylliens représentés alors par la seule famille des Loranthacées (Gui). Aujourd'hui, ce dernier groupe doit être subdivisé, en tenant compte de la terminologie de DE CANDOLLE, en hémiparasites caulicoles (Gui) et en hémiparasites radicicoles (Mélampyres, *Thesium*).

La difficulté ou l'impossibilité de cultiver certaines espèces de plantes vertes avait depuis longtemps intrigué les botanistes. La découverte de MITTEN leur apportait une explication dont ils s'empressèrent de vérifier l'exactitude. Aussi, la même année, DECAISNE **(40)** signala le parasitisme de nombreuses Rhinanthacées dont certaines causent des dégâts dans les cultures de céréales et dans les prairies. En même temps, KUNZE **(89)** montra la présence de suçoirs sur les racines de nombreuses Santalacées et sur celles d'une Rhinanthacée, le *Striga coccinea*, parasite dangereux du Maïs. HENSLOW **(64)** et WATTS **(142)** apportèrent leur contribution à cet ensemble de données, si bien qu'en moins de deux ans, et malgré quelques notes contradictoires **(84)**, ce groupe des hémiparasites radicicoles fut bien caractérisé par des données d'ordre anatomique, biologique et agricole.

---

(1) Les chiffres en caractères gras renvoient à la Bibliographie.

Il renferme des plantes bien différentes les unes des autres au point de vue systématique, mais presque toutes groupées dans deux familles seulement, celle des Rhinanthacées et celle des Santalacées. La biologie de ces hémiparasites est aujourd'hui connue dans ses grandes lignes. Sous une apparente diversité, elle témoigne en fait d'une profonde et réelle unité. Aussi, l'étude du *Thesium humile* n'apporte qu'une contribution de détail à la connaissance d'un groupe dont le premier représentant a été justement une espèce du genre *Thesium*.

SYSTÉMATIQUE

Les Santalacées, dont fait partie le genre *Thesium*, forment une famille de Dicotylédones Monochlamydées dont tous les représentants sont vraisemblablement des parasites. Quelques-uns vivent sur des branches d'arbres, à la façon du Gui. La presque totalité appartient au groupe des hémiparasites radicicoles.

Les Santalacées se classent à côté d'autres familles de Phanérogames parasites telles que les Loranthacées et les Balanophorées. Leur parenté ressort surtout de l'examen de leur gynécée. Mais il y a aussi, entre Santalacées et Loranthacées, des affinités d'ordre biologique. Si la première de ces familles renferme surtout des hémiparasites radicicoles et la deuxième avant tout des hémiparasites caulicoles, on connaît aussi quelques Santalacées épiphytes (*Henslowia*, *Myzodendron*, *Phacellaria*) et quelques Loranthacées terrestres, sans doute parasites (*Nuytsia*, *Gaïadendron*), qui servent de trait d'union entre les deux familles.

La famille des Santalacées renferme 28 genres **(42)**, dont les représentants sont répartis dans les zones tempérées et tropicales des deux hémisphères. Le genre *Thesium* est de beaucoup le plus important, puisqu'il renferme environ 250 espèces qui croissent dans les régions tempérées et dans les montagnes de la région tropicale de l'Ancien Monde **(67)**. C'est un genre africain par excellence : 70 espèces seulement se rencontrent hors de l'Afrique. La flore française n'en compte que 7 **(119)** et les botanistes américains n'en ont encore recensé que 2 **(67)**. La moitié des espèces, par contre, font partie de la flore du Sud de l'Afrique, où le genre *Thesium* se trouve plus largement représenté que partout ailleurs **(67, 68, 134)**.

Le genre *Thesium* est suffisamment vaste pour grouper des espèces à caractères végétatifs très variés. Ce sont des plantes herbacées ou ligneuses, annuelles ou vivaces. Certaines, comme celle qui est étudiée ici, sont des plantes herbacées de faible développement, d'autres forment de véritables buissons. Mais, bien que toutes n'aient pas

encore été l'objet d'observations biologiques, on a de bonnes raisons de supposer que la plupart, sinon la totalité, sont des hémiparasites radicicoles.

Si l'on adopte le système de classification proposé par HILL **(67)**, qui modifie et complète celui de DE CANDOLLE **(18)**, le *Thesium humile* Vahl se classerait dans la section *Imberbia*, à cause de ses sépales glabres, pourvus seulement chacun d'un pinceau de longs poils dont les extrémités sont appliquées sur le sommet de l'anthère correspondante. Mais, en fait, l'espèce n'est pas comprise dans la classification de HILL, puisqu'elle ne fait pas partie de la flore du Sud de l'Afrique. Le *Thesium humile* est en effet une espèce essentiellement méditerranéenne, que l'on retrouve dans toutes les régions du pourtour de la Méditerranée, exception faite pourtant de ses rives les plus septentrionales (Provence et Languedoc français, par ex.). D'une façon plus détaillée, l'espèce fait partie de la flore de l'Espagne, des Iles Baléares, de la Corse, de la Sardaigne, de la Sicile, du Sud de l'Italie, de la Péninsule des Balkans, de l'Asie Mineure, du Liban, de la Palestine, de l'Egypte, de la Tripolitaine, de l'Ile de Malte, de la Tunisie, de l'Algérie, du Maroc et des Iles Canaries.

MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Le *Thesium humile* est une plante herbacée, annuelle, qui, comme son nom spécifique l'indique, ne prend jamais un grand développement (Pl. III, fig. 1; Pl. IV, fig. 1 et 4). Ses feuilles linéaires et un peu charnues sont de couleur bien verte. Aussi rien, dans son aspect, n'en trahit le parasitisme que révèlent seulement les suçoirs des racines, dont CHATIN **(28)** a le premier signalé la présence sur cette espèce.

LA TIGE

Un pied de *Thesium humile* vigoureux est formé d'un certain nombre de tiges principales à peu près également développées. L'une de ces tiges dérive du bourgeon terminal placé entre les deux feuilles cotylédonaires. Deux autres tiges, opposées l'une à l'autre, naissent des bourgeons axillaires de ces feuilles cotylédonaires. En outre, d'autres ramifications prennent naissance à l'aisselle des premières feuilles de la plantule, très près les unes des autres. Elles sont en général un peu moins fortes que les trois précédentes. Toutes ces ramifications, simples d'abord, donnent à leur partie supérieure de nombreux rameaux courts qui portent les fleurs (Pl. III, fig. 1; Pl. IV, fig. 1 et 2); elles sont le plus souvent érigées, comme dans les échantillons figurés ici, qui donnent l'aspect habituel de ce parasite. Mais

dans les endroits bien ensoleillés, ces tiges sont quelquefois couchées en cercle sur le sol et la plante prend alors, dans son ensemble, un plus grand développement.

La tige très jeune a la structure anatomique habituelle des tiges de Dicotylédones. Elle est formée d'un certain nombre de faisceaux libéro-ligneux distincts, avec, à l'extérieur de chacun d'eux, un paquet de fibres péricycliques. L'endoderme ne se distingue pas des autres cellules de l'écorce qui constituent un parenchyme chlorophyllien dépourvu de collenchyme. L'épiderme présente de nombreux stomates, répartis en files longitudinales comme dans l'épiderme des feuilles, le grand axe de leur ostiole étant perpendiculaire à l'axe de la tige.

Les tiges plus âgées, qui portent des fleurs ou de jeunes fruits, possèdent des formations secondaires libéro-ligneuses (Pl. VII, fig. 1; Pl. XV, fig. 1). Leur centre est occupé par du parenchyme médullaire. Autour de cette moelle, le bois forme un anneau complet séparé du liber par une couche de cambium. L'emplacement des faisceaux libéro-ligneux primaires est indiqué par une plus grande épaisseur des tissus vasculaires et par la présence des paquets de fibres péricycliques. L'écorce n'a subi aucune modification et il n'y a pas de formations secondaires subéro-phellodermiques.

LA FEUILLE

Les feuilles sont alternes, linéaires, un peu charnues et légèrement creusées en gouttière (Pl. IV, fig. 2; Pl. VIII, fig. 2). Elles sont dépourvues de stipules. Leurs nervures ne sont pas apparentes. Leurs bords sont hérissés de très fines denticulations formées de cellules épidermiques saillantes à membrane indurée.

La parenchyme chlorophyllien des feuilles ne comporte que du tissu lacuneux à grandes cellules isodiamétriques laissant entre elles des méats à sections triangulaires (Pl. VIII, fig. 1). Dans ce parenchyme épais sont noyées les nervures, représentées par des éléments vasculaires dépourvus de tissu de soutien. Chaque feuille possède trois nervures principales parallèles (Pl. VIII, fig. 2 et Pl. IX, fig. 9), reliées les unes aux autres par un réseau de petites nervures secondaires dont les ramifications se terminent dans le parenchyme.

L'épiderme est formé de cellules à contour général rectangulaire (Pl. VIII, fig. 5). Il est dépourvu de poils. Mais, sur les bords des feuilles, quelques cellules hypertrophiées forment des dents coniques saillantes (Pl. X, fig. 1). Les stomates sont également nombreux sur les deux faces de la feuille. Ils sont disposés en files longitudinales régulières, le grand axe de leur ostiole étant perpendiculaire à l'axe

de la feuille. Ces stomates (Pl. VIII, fig. 1, 3, 4, 5) ont des parois très irrégulièrement épaissies, qui limitent une cavité cellulaire formée de deux parties latérales bien développées réunies par une zone moyenne très réduite. C'est dans les régions latérales seulement que se localisent les grains d'amidon (Pl. VIII, fig. 3).

Lorsque le *Thesium humile* vit en parasite du Blé tendre (*Triticum vulgare*), ses feuilles sont excessivement riches en silice (Pl. IX, fig. 9). Cette silice forme des concrétions intercellulaires mamelonnées ou hérissées de crêtes (Pl. IX, fig. 1 à 6). Ce dépôt commence dans les méats triangulaires du parenchyme chlorophyllien. En grossissant, il écarte peu à peu les cellules, sur la surface externe desquelles il se moule. A ce moment, sa surface est hérissée de crêtes qui pénètrent à la façon d'un coin entre deux cellules contiguës (Pl. IX, fig. 4, 5 et 6). Il arrive aussi fréquemment que les crêtes disparaissent. La surface de ces concrétions siliceuses devient alors très irrégulièrement mamelonnée (Pl. IX, fig. 1, 2 et 3). On peut supposer que ce changement de forme est lié à une diminution de la turgescence des cellules du parenchyme chlorophyllien qui, dans les feuilles âgées, se laisseraient plus facilement comprimer par le dépôt de silice dont le volume s'accroît.

Ces concrétions, solubles dans l'acide fluorhydrique, sont insolubles dans l'acide sulfurique ou l'acide nitrique. Leur forme n'est pas modifiée dans des tissus traités par le réactif de SCHULZE. On les retrouve encore intactes dans les cendres des feuilles calcinées. Elles sont donc formées de silice anhydre (SiO^2). Ce sont de véritables grains de sable siliceux.

Elles n'ont été étudiées que sur des feuilles de *Thesium humile* cultivé en pot en présence de Blé tendre. Mais on les observe régulièrement dans les feuilles de plantes récoltées dans des cultures de céréales diverses et on peut supposer que ces dépôts siliceux se forment chaque fois que le *Thesium humile* vit sur des Graminées.

Quand l'hôte est une Légumineuse (*Medicago ciliaris* dans des cultures en pot, *Vicia Faba* dans des cultures en pleins champs), les feuilles de *Thesium* n'en renferment par contre aucune trace. L'analyse chimique confirme entièrement les données de l'examen microscopique (voir p. 146).

Le dépôt de silice dans les espaces intercellulaires n'est pas un phénomène très commun. Il a été observé pour la première fois en 1857 par CRÜGER (**39**) dans l'écorce d'une Chrysobalanée de l'Inde du genre *Moquilea*. On connaît des dépôts identiques chez la Canne à sucre (WIELER, **143**; NETOLITZKY, **108**), chez les *Saginella* (GIBSON, **48**) et chez les Cypéracées. Leur présence chez les Santalacées n'était jusqu'ici

pas signalée (Chatin, **28**; Mollisch, **103**; Netolitzky, **108**; Klein, **82**). L'influence de la nature de la plante nourricière sur la formation de ces dépôts de silice mérite tout particulièrement d'être retenue. Il est en effet possible d'en tirer des conclusions importantes d'ordre biologique que nous nous réservons d'examiner dans un chapitre ultérieur (voir p. 146).

LA FLEUR

Les fleurs naissent isolément à l'aisselle des feuilles. Sessiles ou portées par un très court pédoncule, elles sont précédées de deux bractées opposées, semblables aux feuilles, mais plus petites (Pl. IV, fig. 2, et Pl. X, fig. 1).

Dans le bouton floral, l'ovaire infère est surmonté de cinq sépales qui, appliqués les uns contre les autres bord à bord, recouvrent les étamines (Pl. X, fig. 1). A la floraison (Pl. X, fig. 3), les sépales s'étalent. Ils sont petits, d'un blanc verdâtre. Les étamines leur sont opposées. Le filet des étamines est inséré à la base des sépales, sur leur nervure médiane. Aminci vers le haut, il est fixé sur le dos d'une anthère de constitution normale (Pl. X, fig. 5). La déhiscence se produit dès l'épanouissement de la fleur et elle n'est accompagnée d'aucun mouvement du filet ou du style. Les grains de pollen, de forme tétraédrique, sont mis en liberté du côté du stigmate (déhiscence introrse). La fécondation est indifféremment directe ou croisée.

Le filet des étamines est doublé, en arrière, d'une touffe de longs poils. Ce sont des poils unicellulaires qui dérivent de grandes cellules épidermiques situées sur la nervure médiane des sépales, juste au-dessus du filet des étamines (Pl. X, fig. 6). L'extrémité de ces poils présente deux ou trois étranglements moniliformes. Elle est étroitement appliquée sur le sommet de l'anthère correspondante auquel elle adhère bien. On ne peut l'en détacher qu'en s'aidant d'une pince et d'une aiguille.

Ce pinceau de poils soudés à l'anthère, auquel Ewart **(43)** a consacré une étude spéciale, se retrouve chez de nombreuses espèces du genre *Thesium*. Aussi, Hill **(67)** en a tiré un parti important dans l'étude systématique du genre. Il caractérise les espèces de deux sections très importantes, les sections *Imberbia* et *Barbata*. C'est dans la première de ces sections qu'il faut ranger le *Thesium humile*, dont les sépales sont, par ailleurs, entièrement glabres.

Les parois de l'ovaire de la fleur épanouie sont formées, à l'extérieur, d'un parenchyme de petites cellules pourvues de chlorophylle. C'est dans ce parenchyme chlorophyllien que se trouvent les faisceaux vasculaires. Il y a dix faisceaux libéro-ligneux principaux : cinq correspondent à la nervure médiane et cinq aux points de jonc-

tion des sépales. Chacun d'eux donne en outre quelques ramifications secondaires (Pl. XII, fig. 3 et 4). Ce sont ces faisceaux vasculaires qui font saillie dans le fruit mûr (Pl. XII, fig. 4) et en forment les nervures.

La région moyenne des parois de l'ovaire est constituée par un parenchyme de petites cellules sans chlorophylle serrées les unes contre les autres. Les cellules de la région interne par contre sont plus grandes, plus lâchement unies et forment même, autour des ovules, comme des poils pluricellulaires.

La loge unique de l'ovaire est occupée par une colonne placentaire qui se détache de sa base (Pl. X, fig. 3 et 6). Rectiligne dans sa partie inférieure, cette colonne forme un tour de spire à son sommet, où sont fixés trois ovules pendants, disposés symétriquement par rapport à l'axe de la fleur. Elle est parcourue par un ou deux vaisseaux du bois qui dérivent des faisceaux vasculaires des parois de l'ovaire. Ces vaisseaux atteignent le sommet de la colonne placentaire, mais non les ovules. La constitution générale de la fleur du *Thesium humile* est donc conforme à la description minutieuse qu'a donnée Van Tieghem **(137)** de la fleur des Santalacées.

L'ovule des Santalacées a été étudié tout particulièrement par Guignard **(52)** et, récemment, celui du *Thesium intermedium*, par Modilewski **(101)**. Comme chez les autres espèces de *Thesium* étudiées par ces deux auteurs, un seul des trois ovules du *T. humile* renferme un sac embryonnaire complètement développé. Les deux autres, identiques au premier par leur aspect extérieur, ne sont pas susceptibles d'être fécondés : l'avortement de deux ovules sur trois est antérieur à la fécondation.

Chaque ovaire de *Thesium* ne renferme donc qu'un seul ovule bien constitué. Celui-ci, dans le *T. humile* comme dans les autres espèces du genre, est dépourvu de téguments. Il est par conséquent réduit à son nucelle et ne possède pas de micropyle. Lorsque la fleur est épanouie, le sac embryonnaire est représenté par une très longue cellule (Pl. XI, fig. 1 et 4) dont l'extrémité postérieure pénètre déjà profondément dans la colonne placentaire, puisqu'elle atteint ou dépasse la partie contournée en spirale. Chez le *T. humile*, l'allongement du sac embryonnaire est donc plus rapide que chez le *T. divaricatum* et le *T. intermedium* **(52, 101)** et il est terminé, ou presque, au moment de la fécondation.

La partie antérieure du sac embryonnaire du *T. humile* n'est jamais à nu comme celle du *T. divaricatum* étudié par Guignard **(52)**. Elle est même plus profondément enfoncée dans le nucelle que celle du *T. alpinum*, du *T. montanum* **(70)** et du *T. intermedium* **(70, 101)**,

puisqu'elle est recouverte par deux à quatre assises de cellules au lieu d'une seule (Pl. XI, fig. 1). Ces cellules du nucelle sont de petites cellules de parenchyme gorgées d'amidon. L'amidon est abondant aussi dans les cellules externes de la colonne placentaire. Tout autour du sac embryonnaire, dans le nucelle, l'hématoxyline colore en noir des débris cellulaires que l'on retrouve, identiques, dans l'axe des deux ovules avortés. Modilewski (131) a montré que, chez le *T. intermedium*, plusieurs cellules-mères de sac embryonnaire prennent naissance dans chacun des ovules, mais une seule dans l'un des trois ovules de chaque ovaire poursuit son développement pendant que les autres dégénèrent. Les débris cellulaires que l'on retrouve dans les ovules du *T. humile* permettent de supposer une évolution similaire.

La partie du sac embryonnaire située dans le nucelle renferme en son centre un gros noyau secondaire. Au-dessous, plus petite, est l'oosphère, flanquée de ses deux synergides encore plus réduites (Pl. XI, fig. 1). A ce moment, on ne trouve plus trace d'antipodes. Assurément, comme dans les autres espèces du genre dont l'embryologie est connue, et comme dans beaucoup de plantes parasites (Ernard 9), elles ont disparu de bonne heure sans laisser de traces.

La constitution du gynécée des Santalacées est assez variable, mais forme pourtant un ensemble homogène par enchaînement. De prime abord, l'ovule de l'*Osyris alba* (Pl. XI, fig. 8, d'après Guignard, 52), que l'on peut considérer comme campylotrope, est bien différent de l'ovule en apparence orthotrope du *Thesium humile*. Mais le *Santalum album* relie ces deux extrêmes (Pl. XI, fig. 7, d'après Guignard, 52). Le nucelle y est réduit à ce qu'il est chez le *Thesium*, mais le sac embryonnaire est resté comparable à celui de l'*Osyris alba*. La branche ascendante qui renferme l'oosphère à son sommet se développe donc hors du nucelle. Avec le *Thesium divaricatum* (Pl. XI, fig. 9, d'après Guignard, 52), nous assistons déjà à une réduction considérable du sac embryonnaire dont la branche ascendante n'existe plus. Mais le sommet du sac embryonnaire sort encore du nucelle et est à nu dans la cavité carpellaire. Enfin, chez le *Thesium humile* plus encore que chez les *T. alpinum*, *T. montanum* et *T. intermedium*, le sac embryonnaire reste complètement entouré par le nucelle.

Ces rapprochements s'imposent d'autant plus que ces gynécées, si dissemblables à un moment de leur évolution, donnent finalement des fruits dans lesquels l'embryon a toujours la même position relative. D'une part, dans l'*Osyris alba* et le *Santalum album*, l'oosphère est située du côté stylaire de l'ovaire et le noyau secondaire du côté basilaire (Pl. XI, fig. 7 et 8). La radicule de l'embryon, qui se différencie vers le micropyle de l'ovule dont l'oosphère marque l'emplacement, est donc normalement dirigée vers le sommet stylaire du

fruit. Oosphère et noyau secondaire ont une position relative inverse dans l'ovaire des *Thesium* (Pl. X, fig. 6; Pl. XI, fig. 1, 4 et 9). Malgré cela, la position de l'embryon dans le fruit mûr reste la même que chez les autres Santalacées : la radicule regarde le sommet stylaire du fruit. Il se produit, dès les premiers stades de différenciation de l'embryon, un changement dans la direction de l'axe de ce dernier **(52, 71)**. Tout se passe comme si le sommet du nucelle était *virtuellement* dirigé vers le haut. L'ovule des Santalacées est donc, en fait ou en puissance, un ovule campylotrope.

LE FRUIT

Formation. — Tout de suite après la floraison, les sépales se replient vers le haut et coiffent le jeune fruit dont l'ovaire grossit (Pl. X, fig. 2 et 4). Dès ce moment, le noyau secondaire se divise. L'un des noyaux fils occupe à peu près la place du noyau secondaire. Il grossit beaucoup. Son nucléole devient volumineux. C'est le noyau du suçoir que constitue alors le sac embryonnaire (Pl. XI, fig. 2). L'autre noyau se place vers le sommet du sac embryonnaire, au niveau de l'oosphère. Il se divise et, rapidement, il est le point de départ d'un petit massif cellulaire qui représente le jeune albumen. Cet albumen se développe donc tout à fait au sommet de l'ovule (Pl. XI, fig. 5). Il fait éclater le nucelle plutôt qu'il ne le digère. Il apparaît alors comme une petite masse sphérique suspendue à l'ovule (Pl. XI, fig. 6).

L'oosphère donne pendant ce temps naissance à l'embryon. Pour le *T. alpinum* et le *T. intermedium*, Hofmeister **(71)** décrit un suspenseur très court orienté perpendiculairement à l'axe de l'ovule. Guignard **(52)** par contre, chez le *T. divaricatum*, observe que l'embryon est dépourvu de suspenseur. L'oosphère, d'abord accolée à la membrane du sac embryonnaire, est bientôt séparée de cette membrane. Aussi l'embryon se différencie au sein de l'albumen. Son axe est à l'origine perpendiculaire à l'axe de l'ovule, qui est en même temps l'axe de l'ovaire. Mais, au cours de son développement, l'embryon se déplace de façon à s'orienter dans l'axe du fruit, sa radicule dirigée vers le sommet stylaire.

L'embryon du *T. humile* prend naissance comme celui du *T. divaricatum*. Il est dépourvu de suspenseur. Il apparaît dans l'albumen sous forme d'une petite masse ovoïde localisée vers la partie supérieure interne de ce dernier (Pl. XI, fig. 2, 5 et 6). Faute d'avoir saisi le premier cloisonnement de l'oosphère, la direction primitive de l'axe de l'embryon n'a pu être précisée. Mais, de très bonne heure, cet embryon s'oriente parallèlement à l'axe du fruit (Pl. XI, fig. 6). Jeune, il est formé d'un massif de petites cellules indifférenciées, à

noyau volumineux pourvu d'un nucléole de 2 à 3 μ. L'albumen, qui l'enveloppe complètement, a des cellules plus grandes, à noyau plus volumineux, dont le nucléole atteint 4 à 5 μ (Pl. XI, fig. 2).

Les noyaux des cellules du nucelle renferment à l'origine un nombre variable de petits grains de chromatine (Pl. XI, fig. 1). Au fur et à mesure que la graine grossit, la chromatine de ces noyaux disparaît. Au stade figuré Pl. XI, fig. 2, l'hématoxyline ne colore plus que de très fines granulations; beaucoup de noyaux même restent complètement incolores. Au même titre que les deux ovules avortés, le nucelle de l'ovule fécondé est donc appelé à disparaître, écrasé par l'albumen qui grossit. La colonne placentaire est de même repoussée contre les parois du fruit, où on la retrouve sous forme d'un cordon aplati encastré dans l'albumen (Pl. XII, fig. 3, en c) lorsque le fruit est mûr.

Dès le début de sa formation, l'albumen est donc à nu dans la cavité ovarienne. Il est relié à la colonne placentaire par le long suçoir qui dérive du sac embryonnaire (Pl. XI, fig. 2 et 6). Il entre directement en contact avec le parenchyme lâche qui forme la partie interne des parois de l'ovaire. Il en digère le contenu des cellules qu'il écrase au fur et à mesure de sa croissance.

La région moyenne des parois de l'ovaire se transforme en sclérenchyme pendant ce temps. Au début de cette transformation, les cellules de parenchyme qui constitueront la surface du sclérenchyme renferment des cristaux cubiques d'oxalate de chaux que l'on caractérise aisément par leur solubilité dans l'acide sulfurique, avec formation d'aiguilles de sulfate de calcium.

Le parenchyme chlorophyllien qui forme la partie externe des parois de l'ovaire se dessèche enfin, laissant apparaître en relief le réseau de ses nervures. Il conserve sa couleur verte ou jaunit rapidement, surtout si la graine reste au soleil.

Constitution. — Le fruit mûr est un akène ovoïde de 4^{mm} de long et $2^{mm}25$ de diamètre, quand il s'est développé sur des plantes vigoureuses (Pl. XII, fig. 4). Il pèse environ 10 mmgr. Ses enveloppes constituent de 53 à 56 % de son poids et son amande de 44 à 47 % (Tableau I, p. 88). L'amande est entourée par une coque ovoïde de sclérenchyme de 175 μ d'épaisseur en général, recouverte par une couche de parenchyme chlorophyllien desséché de 75 μ d'épaisseur, en moyenne (Pl. XII, fig. 1 et 3).

La coque de sclérenchyme présente, à son pôle placé sous le style, trois lignes divergentes légèrement saillantes (Pl. XII, fig. 2) que l'on voit très bien après avoir usé le parenchyme chlorophyllien sur de la toile d'émeri (Pl. XII, fig. 5). A leur niveau, le sclérenchyme est formé

de cellules allongées dont l'axe leur est parallèle (Pl. XIII, fig. 4). Cette structure anatomique particulière fait visiblement de ces régions trois zones de moindre résistance. Aussi, sous la pression de l'albumen, qui gonfle lorsque la graine germe, la coque éclate suivant ces trois lignes et le fruit s'entr'ouvre (Pl. XIV, fig. 2). Ainsi se révèlent morphologiquement les trois carpelles qui concourent à la formation du gynécée des *Thesium*. Chaque ovule dérive d'ailleurs de l'un de ces carpelles, comme l'a montré VAN TIEGHEM **(137)**.

Tout le reste du sclérenchyme a une structure très homogène. Il est formé de cellules isodiamétriques à parois épaisses, lignifiées, creusées de très nombreux canalicules (Pl. XIII, fig. 1 et 2). Il possède donc la constitution habituelle des sclérenchymes. Les cellules internes du parenchyme chlorophyllien desséché qui entoure la coque de sclérenchyme (Pl. XII, fig. 1, 3, 6, et Pl. XIII, fig. 1) renferment de nombreux cristaux cubiques d'oxalate de chaux. Du côté du style persistent les sépales desséchés, repliés et accolés les uns contre les autres (Pl. XII, fig. 1 et 4). Du côté opposé existe un parenchyme non chlorophyllien, irrégulièrement plissé à sec (Pl. XII, fig. 4), gonflé dès que la graine absorbe de l'eau (Pl. XII, fig. 1). Ce parenchyme incolore correspond à la partie du fruit qui était engagée entre les deux bractées accompagnant la fleur (Pl. X, fig. 1).

Les faisceaux vasculaires qui forment les nervures sont accolés au sclérenchyme ou encastrés dans des dépressions de sa surface. Ils apparaissent en relief sur les parois latérales du fruit mûr (Pl. XII, fig. 3, 4 et 6).

Du côté interne persistent les membranes des cellules de l'endocarpe que l'albumen a digérées et écrasées contre le sclérenchyme. Elles forment une couche très mince entièrement désorganisée (Pl. XIII, fig. 1, en i).

La graine est complètement dépourvue de téguments propres. Elle est formée d'un embryon noyé dans l'albumen (Pl. XII, fig. 1 et 3). L'embryon est droit, logé dans l'axe de l'albumen et par conséquent dirigé suivant l'axe du fruit. Il mesure 1^{mm} 75 de long; ses cotylédons, à section semi-circulaire et accolés l'un à l'autre (Pl. XIII, fig. 3), forment le tiers de sa longueur; il est légèrement renflé du côté de sa radicule, qui est dirigée vers le style du fruit.

L'albumen est un parenchyme régulier dont les réserves sont essentiellement formées de grains d'aleurone. Colorés par l'éosine après fixation par l'acide picrique en solution alcoolique ou observés directement dans l'huile de cèdre, ces grains d'aleurone se montrent constitués par une masse fondamentale (rose à enveloppe rouge dans l'éosine) et par un ou deux globoïdes (incolores dans l'éosine). Ils

mesurent de 4 à 8 μ de diamètre, avec des globoïdes de 1 à 4 μ. Ces derniers, surtout lorsqu'ils sont gros, font souvent saillie hors de la masse fondamentale (Pl. XIV, fig. 6 et 7).

La coque de sclérenchyme qui entoure la graine des *Thesium* est un élément important du fruit de ces Santalacées, tant au point de vue systématique qu'au point de vue biologique. L'étude des conditions de la germination des graines fera apparaître son rôle physiologique. Au point de vue systématique, elle permet de rapprocher l'akène des *Thesium* de la drupe d'autres Santalacées telles que l'*Osyris alba*. L'akène des *Thesium* ne diffère d'une drupe que par un détail : les cellules du parenchyme chlorophyllien meurent et se dessèchent au lieu de rester vivantes et remplies de suc cellulaire. Akène et drupe possèdent par ailleurs la même couche de sclérenchyme. Ainsi, le fruit des Santalacées n'a pas une constitution plus hétérogène que celui des Amygdalées parmi lesquelles, à côté des espèces à drupes typiques, se trouve l'Amandier, dont le parenchyme chlorophyllien du jeune fruit se dessèche à maturité et forme les écales.

LE SYSTEME RADICULAIRE

Racine. — Le système radiculaire du *Thesium humile* a sensiblement l'importance de celui d'une plante autotrophe de même développement aérien. Mais ses ramifications ultimes, blanches, lisses, ne portent que peu ou pas de poils absorbants. La racine principale de plantules développées sur du papier buvard humide est souvent pourvue d'un manchon pilifère bien apparent (Pl. XIV, fig. 4). Mais les poils qui le constituent sont beaucoup plus courts que ceux qui se forment dans les mêmes conditions sur les racines des végétaux non parasites. Cette atrophie partielle des poils absorbants est un caractère des hémiparasites radicicoles. Il est donc normal de la retrouver, bien marquée, chez le *Thesium humile*.

A quelques millimètres de la coiffe, le cylindre central des jeunes racines renferme deux faisceaux ligneux alternant avec deux faisceaux libériens. Très vite, quelques vaisseaux de métaxylème se différencient dans l'axe de la racine, unissant l'un à l'autre les deux faisceaux ligneux primitifs. La racine comprend alors une lame de bois qui sépare les deux faisceaux libériens. L'endoderme est bien apparent à ce niveau, caractérisé par les cadres cutinisés de ses cellules qui alternent régulièrement avec celles du péricycle. L'écorce n'est formée que d'un petit nombre d'assises de cellules. Quelques-unes des cellules de l'assise pilifère se prolongent en poils absorbants relativement courts. Mais, très vite, une couche subéreuse se différencie, aux dépens des cellules de l'assise pilifère seule ou aux dépens des cellules de l'assise pilifère et de l'assise sous-jacente.

Des formations secondaires libéro-ligneuses se produisent dans toutes les ramifications du système radiculaire, même dans les plus grêles (Pl. XV, fig. 4, et Pl. XVII, fig. 1). A quelque distance du sommet, les tissus vasculaires d'une racine sont constitués par un cylindre de bois d'autant plus riche en gros vaisseaux que la racine est plus grêle. Le liber forme autour du bois un anneau complet. Dans les ramifications un peu importantes, et surtout dans la racine principale, se montrent des rayons médullaires qui ne sont pas différenciés dans les fines ramifications.

Les formations secondaires n'intéressent que le cylindre central. Par suite de l'augmentation du diamètre de la racine, les cellules de l'écorce grossissent et subissent quelques cloisonnements (cloisons orientées radialement). Mais il n'y a pas trace de formations secondaires subéro-phellodermiques. Si les formations libéro-ligneuses sont peu développées, les deux assises externes de l'écorce persistent, différenciées en couche subéreuse. Sinon, elles disparaissent; des cellules plus profondes de l'écorce deviennent superficielles et forment une couche subéreuse mal individualisée. Quant à l'endoderme, il a perdu ses caractères distinctifs, et ses cellules se confondent avec les autres cellules de l'écorce.

Suçoirs. — Les suçoirs sont répartis sur l'ensemble du système radiculaire. Ce sont de petits corps blancs, ovoïdes ou en forme de massue (Pl. V et Pl. XV, fig. 3, b à l), dont le sommet comporte deux lèvres qui enserrent la racine nourricière. Ces suçoirs sont toujours fixés sur des racines vivantes. On ne les rencontre jamais attachés à des débris organiques morts ou à des substances minérales, comme le fait a été signalé pour beaucoup d'hémiparasites radicicoles (*Lathraea clandestina*, **30**; *Melampyrum*, **47**, **58**; *Santalum album*, **3**, par ex.).

Les suçoirs ne se forment jamais au sommet des racines. Ils sont toujours latéraux. Les ébauches de suçoirs se trouvent en général dans la partie de la racine qui correspond à la région pilifère. Exceptionnellement il peut en apparaître au voisinage immédiat de la coiffe (Pl. XV, fig. 3, en j). Il ne semble pas qu'il puisse s'en former sur les racines âgées dont la surface est déjà de teinte jaunâtre.

Les suçoirs de *Thesium humile*, comme ceux du *T. humifusum* étudiés par Van Tieghem (**137**), sont des formations spéciales qui n'ont pas la même origine que les radicelles. Sur une racine de *Thesium humile*, une jeune radicelle apparaît comme un mamelon conique qui sort à travers une déchirure de l'écorce (Pl. XV, fig. 3, en a). Le léger renflement ovoïde qui représente un jeune suçoir a, d'emblée, un aspect bien différent (Pl. XV, fig. 3, en b et j). Il est à ce moment

formé d'une région externe qui dérive de l'écorce et d'une région interne, née du cylindre central (Pl. XV, fig. 5). Beaucoup de ses cellules sont remplies de grains d'amidon simples ou composés, dont le diamètre oscille entre 2 et 10 μ. Cet amidon disparaît dans le suçoir dont l'évolution est terminée.

Dès que le jeune suçoir arrive au contact de la racine nourricière qui a provoqué sa formation, son écorce se moule sur la surface de cette racine et forme ainsi deux replis latéraux désignés sous le nom de replis préhenseurs. Sa partie centrale continue à s'accroître, digère les cellules de l'écorce du suçoir, puis les cellules de l'écorce de la racine-hôte et donne ainsi naissance au cône de pénétration qui s'enfonce jusque dans le cylindre central de la racine parasitée (Pl. XV, fig. 2; Pl. XVI, fig. 1 à 5).

Un suçoir de *Thesium humile* complètement différencié est formé d'un pédoncule plus ou moins apparent (Pl. XV, fig. 2 et 3), souvent très réduit au point qu'il n'est pas distinct (Pl. XV, fig. 3; Pl. XVI, fig. 2, 3 et 5). L'axe de ce pédoncule est occupé par des vaisseaux du bois rattachés directement au bois de la racine du *Thesium*. Le parenchyme qui entoure ce bois est dépourvu de tubes criblés et ne constitue par conséquent pas un véritable liber.

Le suçoir proprement dit est ovoïde. Ses deux replis préhenseurs enserrent les fines racines comme dans un étau. Il se produit parfois plusieurs étages de replis préhenseurs (Pl. XVI, fig. 5). Le même fait a été constaté chez d'autres hémiparasites (Solm-Laubach chez le *Thesium pratense*, **127**; Fraysse chez l'*Osyris alba*, **44**; Barber chez le *Santalum album*, **3**) et interprété comme étant en relation avec la résistance que la racine-hôte oppose au cône de pénétration. Cette interprétation semble valable pour le *Thesium humile*.

Au lieu de se développer successivement au contact de la surface de la racine nourricière, les replis préhenseurs peuvent se former l'un à sa position normale, l'autre à la surface du cylindre central (Pl. XVI, fig. 3 et 4). Ce deuxième repli dérive alors du cône de pénétration qui se moule sur le cylindre central avant de le pénétrer, lorsque ce dernier est particulièrement riche en fibres.

L'écorce du suçoir est formée d'un parenchyme de grandes cellules, identiques à celles de l'écorce de la racine dont elles dérivent. Dans ce parenchyme prennent naissance latéralement deux lames semicirculaires de cellules écrasées (Pl. XVI, en t). Elles constituent comme l'armature des replis préhenseurs. Elles se rejoignent parfois par leurs bords et forment alors une couche circulaire continue, plus marquée sur les côtés latéraux du suçoir, plus fine dans le plan de symétrie de ce dernier. Lorsque l'écorce du suçoir possède

plusieurs replis préhenseurs successifs, chacun d'eux est pourvu d'une bande mécanique, du nom que leur a appliqué FRAYSSE **(44)**. Cet auteur les interprète comme formées de cellules écrasées sous l'effet de la pression développée par le cône de pénétration. Cette interprétation est valable aussi pour les suçoirs du *Thesium humile*.

La partie centrale du suçoir a la forme d'une toupie dont la pointe constitue le cône de pénétration. Elle est formée d'un massif parenchymateux de petites cellules où les colorants vitaux décèlent l'existence d'un petit nombre de vacuoles réparties autour du noyau central ou d'une vacuole centrale unique. On n'y trouve pas les vacuoles filamenteuses qui ont été signalées par DUFRENOY dans les suçoirs de *Melampyrum* ou de *Myrica* **(41)**. Il faudrait peut-être rechercher de telles vacuoles dans la région méristématique du jeune suçoir qui donne naissance au cône de pénétration. Mais les suçoirs du *Thesium humile* sont trop petits et trop difficiles à manipuler pour se prêter à ces recherches à l'aide des colorants vitaux.

Le massif parenchymateux central est circonscrit par deux arcs de vaisseaux du bois (Pl. XVI, fig. 6 et 7) disposés symétriquement par rapport au plan défini par l'axe de la racine-hôte et l'axe du suçoir. Ce plan constitue le plan de symétrie du suçoir. Son orientation ne dépend que de la direction de la racine-hôte, ainsi que l'ont antérieurement établi de nombreux auteurs, dont CHEMIN **(30)** pour les suçoirs de *Lathraea*, par ex. Ces deux lames de vaisseaux annelés ou réticulés font suite aux vaisseaux du bois qui occupent l'axe du pédoncule du suçoir. Du côté de la racine parasitée, elles se rapprochent insensiblement en pointe et s'unissent en un cordon vasculaire au sommet du cône de pénétration. Les vaisseaux qui les constituent se sont différenciés progressivement, du bois de la racine du *Thesium* vers le bois de la racine de l'hôte avec lequel ils entrent finalement en contact. Leurs extrémités s'appliquent indifféremment sur des vaisseaux du bois ou sur des cellules ligneuses (Pl. XVII, fig. 4). Il s'établit donc une liaison directe entre le bois du parasite et le bois de son hôte. La sève brute que renferment les vaisseaux du bois de l'hôte peut donc passer dans le parasite sans avoir à traverser des membranes protoplasmiques à perméabilité sélective.

Les lames vasculaires de bois sont entourées, à l'extérieur, par un parenchyme indifférencié qui, de proche en proche, se relie au liber de la racine du *Thesium* (Pl. XVII, fig. 3). Mais, alors que le bleu coton colore bien la callose des tubes criblés de cette dernière, il ne permet pas de mettre en évidence l'existence de plages criblées dans le suçoir, qui ne renferme donc pas de vrai liber. Cette absence de tubes criblés dans les suçoirs des hémiparasites radicicoles est un fait

général bien établi. On ne peut pourtant pas en tirer des conclusions d'ordre physiologique (voir p. 147).

Le cône de pénétration est formé de cellules allongées dans le sens de son axe. Ces cellules, pourvues d'une grande vacuole centrale, viennent s'appliquer sur les tissus de la racine parasitée (Pl. XVII, fig. 2 et 4). C'est à leurs dépens que se différencient les vaisseaux du bois du cône de pénétration. Ce sont elles qui digèrent les tissus dans lesquels pénètre le cône. Les cellules digérées disparaissent sans laisser de traces, quelle que soit la nature de leur membrane.

La présence de suçoirs sur les racines du *Thesium humile* a été signalée pour la première fois par CHATIN **(28)**. Leur structure, qui n'avait jusqu'ici pas été décrite, est identique à celle des suçoirs d'autres espèces du même genre décrits par MITTEN **(100)** (*T. linophyllum* ou, selon LIGNIER **(85)**, *T. humifusum* var. *fulvipes*), BRANDT **(15)**, PITRA **(113)** (*T. ramosum*), SOLMS-LAUBACH **(127)** (*T. pratense*), GRANEL **(51)** (*T. divaricatum*), LECLERC DU SABLON **(92)** (*T. humifusum*) et aussi CHATIN **(28)** (*T. humifusum* et *T. australe*).

Les suçoirs de l'*Osyris alba* **(44)** et ceux du *Santalum album* **(3)** ont la même constitution générale et n'en diffèrent que par des détails anatomiques. On ne trouve pourtant pas, chez les autres Santalacées, la glande interne décrite par BARBER dans les suçoirs de l'*Olax scandens* et parfois dans ceux du *Santalum album* **(3 et 4)**.

*
* *

En résumé, au point de vue morphologique et anatomique, le *Thesium humile* présente les caractères généraux d'une plante verte autotrophe. Seule la présence de suçoirs sur ses racines en révèle le parasitisme. Il ne diffère des autres espèces du même genre que par des points de détail et se rattache par l'ensemble de ses caractères au groupe des hémiparasites radicicoles.

BIOLOGIE

GERMINATION DES GRAINES

Dans du sable, de la terre ou du terreau, les graines du *Thesium humile* (nom usuel des fruits qu'il est rationnel d'adopter dans ce chapitre) germent en l'absence de toute racine de plante-hôte (essais effectués en pot). Ce fait a été établi dès 1853 par IRMISCH **(75)** pour le *T. montanum*, puis par SCHULTZ **(125)** pour le *T. intermedium* (1854). Plus récemment, KINZEL (**80**, 1920) a fait germer quelques graines de *T. rostratum* sur du papier buvard humide. Comme il fallait le prévoir, les graines du *T. humile* se comportent donc comme celles des autres espèces du même genre et comme celles de tous les hémiparasites.

Leur germination commence, à l'automne, trois ou quatre semaines environ après leur mise en place et se poursuit pendant tout l'hiver. Ces graines se comportent comme celles de beaucoup de plantes spontanées non parasites. On peut donc supposer, à priori, que les conditions nécessaires à leur germination sont les mêmes.

Les graines germant dans le sable avec facilité, il semblait aisé d'obtenir des plantules aseptiques sur papier buvard ou sur coton humide stérilisés, pour en essayer la culture en milieu artificiel, en présence d'un aliment carboné approprié, glucose par exemple. Contrairement à toutes les prévisions, c'est un échec absolu qui a tout d'abord été enregistré. Il était nécessaire d'en rechercher les causes. Aussi, l'étude de la germination des graines du *T. humile* constituera l'un des chapitres importants de ce travail.

STERILISATION DES GRAINES

Les graines du *T. humile* étant surmontées par les sépales desséchés et recroquevillés sur eux-mêmes, leur stérilisation présente des difficultés que l'on ne rencontre pas avec des graines à téguments lisses.

Les graines sont récoltées une à une à la pince, sur les plantes ou, mieux, à la surface du sol, au pied d'individus vigoureux, en mai. On choisit des graines bien développées, grosses ou moyennes et on les met tout de suite, par lots de 10 ou 20, dans des tubes passés au

four à flamber. On ne récolte ainsi que des graines en bon état, à amande bien constituée et pauvres en germes de micro-organismes.

12 graines, récoltées le 20 mai 1931, sont mises en juin sur du jus de pruneaux gélosé. 10 ont apporté avec elles des germes de bactéries ou de champignons divers. Mais 2 tubes restent stériles. 2 graines sur 12 étaient donc dépourvues de germes vivants susceptibles de se développer sur gélose aux fruits.

L'asepsie des graines est obtenue en employant soit des moyens physiques, soit des agents chimiques.

a) **Moyens physiques.** — Le flambage à la lampe à alcool, avec ou sans trempage préalable des graines dans l'alcool fort, est un moyen trop brutal ou d'action trop irrégulière : si la stérilisation est suffisante, l'embryon est le plus souvent tué.

Le frottement mécanique des graines dans du sable aseptique, après enlèvement du parenchyme chlorophyllien au papier d'émeri, donne de bons résultats.

On passe au four à flamber des ballonnets à demi-pleins de sable sec. 5 graines sont mises dans un de ces ballonnets que l'on secoue vivement pendant quelques instants. Un deuxième passage dans un ballonnet identique suffit en général. Si l'on utilise des graines intactes, le pourcentage des graines rendues aseptiques par ce moyen reste faible, les germes logés entre les sépales ne pouvant être éliminés. Mais, si l'on enlève tout d'abord le parenchyme chlorophyllien desséché qui recouvre la coque lisse de sclérenchyme en frottant doucement les graines, une à une, entre deux feuilles de papier d'émeri, on aseptise couramment ainsi 9 graines sur 10. Elles se présentent alors sous l'aspect d'un corps ovoïde, blanc jaunâtre, à surface lisse.

Ce procédé a été utilisé pour écarter de façon absolue toute possibilité d'action de substances toxiques sur l'embryon.

b) **Agents chimiques.** — L'eau oxygénée n'a pas donné de résultats suffisants. Seul le bichlorure de mercure à 1 ‰ a pu être couramment utilisé avec succès. A défaut du matériel spécial imaginé par COMBES **(36)**, la technique suivante a été employée :

Les graines sont placées, par 5 ou par 10, dans de petits sachets de papier filtre liés avec un fil dont l'extrémité forme boucle. Ces sachets peuvent être ainsi facilement repêchés dans les ballons avec un fil chromé pour cultures dont l'extrémité est recourbée en crochet. Ils sont d'abord plongés dans de l'alcool à 95° qui mouille bien les graines dans toutes leurs anfractuosités. Ils séjournent ensuite

30' dans une solution de sublimé à 1 ‰. On élimine le bichlorure de mercure en laissant enfin tremper les sachets dans de l'eau ordinaire stérile, une demi-heure ou davantage. Le passage dans un seul ballon d'eau stérile suffit, mais, pour plus de sûreté, les sachets ont été souvent passés successivement dans deux ballons. Finalement, le sachet est déchiré et les graines réparties à la pince sur leur substratum définitif.

On obtient ainsi jusqu'à 70 et 80 % de graines aseptiques, malgré la protection que les sépales offrent aux germes de micro-organismes. D'autre part, le traitement n'a aucune influence sur la faculté germinative des graines. Dans du sable ou dans du terreau, par exemple, les graines traitées germent comme des graines ordinaires.

NON GERMINATION DES GRAINES A SCLERENCHYME INTACT

De très nombreux essais ont été poursuivis durant quatre ans pour obtenir la germination des graines du *T. humile in vitro*, en milieu aseptique. Bien que très variés dans le détail, tous ceux qui ont été faits avec des graines dont la coque de sclérenchyme, normalement développée, était restée intacte, ont donné des résultats négatifs. Leur énumération précise n'est pas nécessaire. Il suffit en effet d'en donner les caractéristiques générales.

Les substratum utilisés sont les suivants :

a) Papier filtre, en boîte de Pétri. Stérilisation à l'autoclave;

b) Papier filtre, sous cloche, suivant la technique en usage dans les Stations d'Essais de Semences;

c) Tampon de coton hydrophile placé sur l'étranglement d'un tube de culture à pomme de terre dont le réservoir est plein d'eau. Stérilisation à l'autoclave;

d) Tube de verre fermé à sa partie supérieure, à demi-fermé à son extrémité inférieure, de façon à retenir les graines. Une large ouverture latérale, à 1 cm. de la base du tube, permet d'y introduire les graines, isolément ou par groupes de 2 ou 3. Le tube est disposé dans un ballon de telle sorte que sa base plonge à peine dans l'eau. Les graines sont ainsi maintenues à la surface de l'eau, en contact direct avec l'air. Stérilisation à l'autoclave;

e) Sable ou terreau humides, dans des ballonnets de 250 cc. Les graines sont laissées en surface ou enterrées à 1 cm. environ. Stérilisation à l'autoclave;

f) Sable, dans le col de ballons spéciaux (Pl. XVIII, fig. 1).

L'eau utilisée pour mouiller le substratum est soit de l'eau de pluie, soit de l'eau distillée, soit de l'eau des conduites de la ville de Tunis. Quelques essais ont été faits en employant des solutions nutritives minérales, avec ou sans glucose.

Tout d'abord, la plupart des essais ont été effectués à la lumière diffuse du laboratoire. Dans quelques cas, l'exposition au soleil a été tentée. Par la suite, les essais ont été réalisés à l'obscurité.

Ces essais ont été faits à des températures comprises entre 10 et 25°. Dans certains cas, la température restait fixe ou ne variait que de quelques degrés. Dans d'autres cas, les graines ont été soumises à de brusques variations de température : placées à l'étuve à 25° le jour par ex., elles étaient mises à l'air libre la nuit, la température descendant à 10° et même moins.

Les graines ont été encore soumises à des alternatives de sécheresse et d'humidité. Pour cela, les tubes de la série « d » passent alternativement d'un ballon renfermant de l'eau à un ballon renfermant du chlorure de calcium sec. Ou bien, les graines sur papier filtre, sous cloche, passent d'un cristallisoir avec de l'eau où le papier filtre s'humecte par capillarité à un cristallisoir vide où le papier filtre se dessèche, et *vice versa*. Mais des essais en pot, dans du sable, montrent que la germination se produit même si l'humidité reste constante. Il n'est donc pas surprenant que, *in vitro*, des variations d'humidité n'aient donné aucun résultat.

Des variations combinées de température et d'humidité ont été également essayées en vain (chaud et sec, puis froid et humide). On a cherché en somme à réaliser des conditions de milieu aussi proches que possible de celles qui président à la germination des graines dans la nature.

La dessiccation artificielle des graines, à l'étuve, à 50°, n'a exercé aucune influence. Il en est de même de l'irradiation des graines aux rayons ultra-violets (en collaboration avec M. MONTLAUR).

Dans les essais effectués soit sur coton (substratum c), soit dans du sable ou du terreau (substratum e), la présence de graines de Blé germées dont les racines se développaient au contact des graines du *Thesium humile* n'a exercé aucune action. De tels essais méritaient à peine d'être tentés puisque, dans la nature, la germination est indépendante des plantes-hôtes.

Sans doute, il est difficile de tirer de résultats négatifs une règle à portée générale qui comporte toujours une part d'extrapolation; cependant, on ne peut s'empêcher de penser qu'un échec aussi absolu doit tenir à des causes essentielles. Il est donc permis d'affirmer que les graines de *Thesium humile* à coque de scléren-

chyme intacte ne germent pas, *in vitro*, en milieu aseptique, bien que les conditions habituelles d'aération, d'humidité et de température soient réalisées.

PERMEABILITE DES TEGUMENTS

En présence des résultats négatifs des essais précédents, on émet tout de suite l'hypothèse que les téguments des graines du *T. humile* doivent être imperméables à l'eau. Dans la région méditerranéenne tout particulièrement, beaucoup de plantes spontanées (Légumineuses surtout) ont des graines à téguments imperméables; on les appelle « graines dures » **(122)**. L'expérience montre que les graines de *Thesium humile* ne sont pas des « graines dures ».

1° Des piqûres des téguments, suffisantes pour faire germer à 100 % des « graines dures » (graines de *Medicago ciliaris* par ex.), ne provoquent que de façon irrégulière la germination des graines du *T. humile;*

2° Le parenchyme chlorophyllien desséché et le sclérenchyme qui forment les parois des graines du *T. humile* sont des tissus poreux qui s'imprègnent rapidement d'eau. Les canalicules du sclérenchyme permettent notamment les phénomènes de capillarité;

3° L'albumen de la graine sèche est à cassure vitreuse. Celui de la graine qui a séjourné au moins 48 heures au contact de l'eau est à cassure laiteuse. La différence d'aspect est très nette et très concluante;

4° Enfin et surtout, on démontre l'absorption d'eau par l'amande grâce à des pesées directes, dont les résultats sont réunis dans le tableau suivant (Tableau 1, p. 88).

Chaque lot comprend 12 graines choisies une par une en éliminant toutes celles dont les dimensions sont inférieures à la moyenne. Les pesées ont donc toutes porté sur des graines bien mûres et bien développées dans toutes leurs parties.

L'analyse des chiffres du tableau 1 montre que des graines conservées dans des tubes de verre, après dessiccation à l'air libre, renferment de 11 à 12 % de leur poids d'eau. La teneur en eau de l'amande oscille entre 9,6 et 11,1 %. Elle est donc inférieure ou au maximum égale à celle des téguments, qui varie dans de plus larges limites, de 11,4 à 14,3 %. Ces variations sont assurément liées à l'état hygrométrique de l'air. Toutes ces déterminations ont été effectuées en hiver.

Le poids des graines complètement immergées dans l'eau augmente

TABLEAU 1

TENEUR EN EAU DES GRAINES
(Lots de 12 graines. Poids en mmgr.)

	Lot 1 1934	Lot 2 1934	Lot 3 1934	Lot 4 1933	Lot 5 1933	Lot 6 1933	Lot 7 1933
Poids initial :							
Graine entière	126	129	129	120	108	111	126
Amande — brut	»	57	60	54,5	»	»	»
Amande — % du poids initial	»	44,2	46,5	45,4	»	»	»
Téguments — brut	»	72	68	64	»	»	»
Téguments — % du poids initial	»	55,8	52,7	53,3	»	»	»
Perte à la section		0	1	1,5	»	»	»
Poids après dessiccation à l'étuve :							
Graine entière	113	115	115	»	»	»	»
Amande	»	52	54	»	»	»	»
Téguments	»	63	61	»	»	»	»
Teneur en eau initiale, p. 100 du poids sec :							
Graine entière	11,5	12,2	11,3	»	»	»	»
Amande	»	9,6	11,1	»	»	»	»
Téguments	»	14,3	11,4	»	»	»	»
Poids maximum dans l'eau :							
Graine entière	»	»	»	»	153	160	183
Amande	»	»	»	»	»	58	66
Téguments	»	»	»	»	»	91	95
Perte à la section	»	»	»	»	»	11	22
Poids des graines trempées après dessiccation :						à l'air libre	à l'étuve
Graine entière	»	»	»	»	»	»	»
Amande	»	»	»	»	»	46	52
Téguments	»	»	»	»	»	54	51
Eau absorbée, p. 100 du poids initial :							
Graine entière	»	»	»	»	41,6	44,1	45,2
Amande	»	»	»	»	»	26,1	»
Téguments	»	»	»	»	»	68,5	»
Teneur maximum en eau, p. 100 du poids sec :							
Graine entière	»	»	»	»	»	»	77,6
Amande	»	»	»	»	»	»	26,9
Téguments	»	»	»	»	»	»	86,2

pendant 48 heures, puis reste stationnaire. Avant chaque pesée, l'eau retenue à la surface des graines est enlevée à l'aide de papier filtre. Les poids obtenus les deuxième, troisième, quatrième et cinquième jours sont constants à 2 mmgr. près. L'absorption de l'eau est donc terminée en 48 heures. Elle est de 42 à 45 % du poids initial des graines.

Pour déterminer la teneur en eau initiale et finale de l'amande et des téguments, les graines sont sectionnées au rasoir. Albumen et téguments sont séparés avec soin par fragments à l'aide de pinces et d'aiguilles. Avec les graines sèches, les pertes sont négligeables; elles sont tout au plus de 1,25 % du poids total. Il n'en est pas de même lorsqu'on opère avec des graines qui ont absorbé de l'eau. L'albumen laiteux mouille alors la surface du carreau de faïence sur lequel on opère et, pendant l'opération, qui exige un quart d'heure environ pour 12 graines, les tissus se dessèchent, d'autant plus vite que l'atmosphère est plus sèche. Ainsi, le lot n° 6 a perdu à ce moment 11 mmgr. et le n° 7, 22 mmgr., soit 12 % de son poids initial. Cette perte est surtout constituée par de l'eau, puisque le poids sec de l'amande reste à peu près le même dans les lots 2, 3 et 7, qui sont à l'origine presque identiques. Or, même en ne prenant que les chiffres du lot 7, qui sont les moins favorables à la thèse défendue, on voit que l'amande renferme encore 26,9 % de son poids d'eau, soit plus du double de sa teneur initiale. Sa teneur réelle est sûrement plus élevée encore, puisque la perte d'eau pendant la section des graines (12 %) a affecté aussi bien l'amande que les téguments. Le chiffre que fournit le lot 6, où la perte a été plus faible, est d'ailleurs supérieur à celui du lot 7 puisque l'albumen, desséché seulement à *l'air libre* (sa teneur en eau est encore de l'ordre de 10 %), perd néanmoins 26,1 % de son poids d'eau.

Les téguments absorbent beaucoup plus d'eau que l'amande puisque leur teneur finale est au moins de 86 %, chiffre observé. On peut remarquer que les téguments, formés de cellules mortes, laissent certainement diffuser dans l'eau des substances solubles. Les lots 2, 3 et 7, à l'origine identiques ou presque, renferment à peu près le même poids d'amande. Les deux premiers lots renferment par contre plus de 60 mmgr. de téguments; le dernier, qui a trempé 5 jours dans l'eau, n'en renferme plus que 51 mmgr. La perte est de l'ordre de 18 % du poids initial des téguments. L'eau où ont séjourné des graines est d'ailleurs nettement colorée en jaune.

En résumé, bien qu'il soit impossible de déterminer avec précision la répartition de l'eau entre l'amande et les téguments, l'absorption d'eau par l'amande est établie de façon incontestable. Les téguments

sont donc perméables. Les graines du *Thesium humile* ne sont pas des « graines dures ».

ROLE DU SCLERENCHYME

In vitro, en milieu aseptique et à l'obscurité, les graines du *Thesium humile* germent jusqu'à 100 % si on blesse la coque de sclérenchyme qui entoure l'amande. On arrive au même résultat en corrodant chimiquement ou biologiquement ce sclérenchyme qui apparaît ainsi comme l'obstacle essentiel qui s'oppose à la germination des graines intactes.

ATTAQUE MECANIQUE

A la suite de lésions mécaniques qui intéressent le sclérenchyme, les graines germent facilement en milieu aseptique dans les conditions de milieu les plus diverses. Il suffit de les mettre dans du sable imbibé d'eau, sur du buvard ou du coton humides, pour obtenir en une dizaine de jours la sortie de la radicule, premier indice certain de leur germination. Les résultats les meilleurs et les plus constants s'obtiennent à l'obscurité, à des températures comprises entre 12 et 18°. La plupart des essais résumés dans le tableau 2, p. 91, ont été faits sur coton humide, dans des tubes de cultures à pomme de terre. Tous ont été souvent répétés avec des résultats identiques, certains plus de vingt fois, pour étudier d'autres aspects du même problème. Bien que portant sur un nombre très réduit de graines, parce qu'ils se rapportent chacun à un essai défini, les chiffres du tableau 2 ne laissent place à aucune possibilité d'erreur accidentelle.

Il suffit donc d'enlever les sépales en grattant la surface du sclérenchyme avec un scalpel pour permettre déjà à quelques graines de germer. Le scalpel entame les bandes saillantes qui divergent à partir du sommet stylaire du fruit et agit de façon irrégulière sur l'intégrité du sclérenchyme. Aussi les résultats sont inconstants.

En piquant les parois latérales de la graine avec une aiguille à dissection, on obtient des résultats déjà meilleurs. Dans certains cas, l'aiguille agissant à la façon d'un coin minuscule fait éclater la coque de sclérenchyme. On perçoit nettement à l'oreille le léger craquement qui en résulte et les graines qui font entendre ce craquement germent toujours. Les faits ultérieurs montrent en effet que les graines qui germent sont celles chez lesquelles la piqûre a provoqué une fêlure du sclérenchyme. Les piqûres agissent donc de toute autre façon que chez les graines à téguments imperméables et, par conséquent, beaucoup plus irrégulièrement.

TABLEAU 2

ATTAQUE MECANIQUE DU SCLERENCHYME

Etat des graines	Nombre	Germées après (jours) 10	14	18	Total p. %
1) Graines stérilisées au sublimé :					
Intactes, témoin	10	0	0	0	0
Sépales grattés au scalpel	16	1	2	3	19
Piquées sur le ventre	10	4	6	6	60
Fendues sur le ventre	10	6	10	10	100
Calotte stylaire enlevée	10	10	10	10	100
Calotte basilaire enlevée	10	8	8	8	80
Calotte basilaire enlevée	10	9	9	9	90
Calotte latérale enlevée	10	8	8	8	80
2) Graines stérilisées par frottement :					
Sclérenchyme intact. Témoin	10	0	0	0	0
Calotte stylaire enlevée	10	7	7	9 (24 jours)	90
Calotte stylaire enlevée	10	6	8	8	80

Mais si, d'un coup de rasoir, on enlève la calotte stylaire du sclérenchyme de la graine (section suivant AB, Pl. XII, fig. 1), les résultats deviennent très réguliers. Lorsque aucune cause accessoire n'intervient (développement abondant de moisissures à la suite d'infections accidentelles, par ex.), toutes les graines germent en une dizaine de jours (en 7 jours même, à la température de 15-16°). Le jour ou la veille de la sortie de la radicule, l'albumen augmente rapidement de volume et fait irrégulièrement éclater la coque de sclérenchyme à partir de la section. Le développement ultérieur de l'embryon est tout à fait normal.

Lorsque l'opérateur a acquis quelque habitude, la section ne blesse que l'albumen et évite le sommet de la radicule de l'embryon. Sinon, l'albumen, en absorbant de l'eau, expulse en partie ou en totalité l'embryon. C'est un simple phénomène mécanique qui se produit en 24 heures. Lorsque l'expulsion est complète, l'albumen ne se gonfle pas, la coque n'éclate pas. Les phénomènes diastasiques de solubilisation des réserves de l'albumen ne se produisent donc pas en l'absence des cotylédons de l'embryon. Si l'expulsion n'est que partielle, si les cotylédons au moins restent engagés dans l'albumen, l'embryon ne faisant saillie que d'une fraction de millimètre, la germination se produit, mais les plantules obtenues sont moins vigoureuses.

Si, d'un coup de rasoir, on enlève la calotte basilaire du scléren-

chyme de la graine (section suivant CD, Pl. XII, fig. 1), l'albumen fait éclater encore le reste des téguments vers le dixième jour, comme dans le cas précédent. Mais alors, l'allongement de l'embryon a pour résultat de pousser les cotylédons hors de l'albumen (Pl. XIV, fig. 3). Le développement ultérieur de l'embryon est réduit. Dans le sable, les plantules nées dans ces conditions ne sont pas viables. Encore une fois, les cotylédons seuls se montrent capables de digérer l'albumen.

Le pourcentage des graines qui germent après section de la calotte basilaire du sclérenchyme est presque aussi élevé que celui que donne l'enlèvement de la calotte opposée. On obtient également de bons résultats en coupant une calotte de sclérenchyme sur les parois latérales de la graine ou en fendant tout simplement ce sclérenchyme dans son plan équatorial, sans en enlever de morceaux.

L'enlèvement du parenchyme chlorophyllien, que l'on réalise en frottant doucement les graines entre deux feuilles de papier d'émeri, n'a aucun effet, tant que la coque de sclérenchyme reste intacte. Mais, si on la sectionne à son tour, on obtient alors, à peu de choses près, les mêmes résultats qu'en opérant avec des graines pourvues de leur parenchyme chlorophyllien et stérilisées au sublimé. Si pourtant quelques graines ne germent pas (voir Tableau 2), on peut en trouver la raison dans l'intervention de phénomènes accessoires. Ces manipulations ne peuvent être faites qu'à l'aide de pinces modifiées de façon à saisir et maintenir exactement dans la position voulue ces petites graines ovoïdes de $4 \times 2^{mm}25$. Les graines qui, trop serrées, éclatent sous la pince au moment où l'on donne le coup de rasoir, ne germent pas en général, l'albumen ou l'embryon étant profondément blessés. Lorsque le parenchyme chlorophyllien est enlevé, les graines sont encore plus difficiles à manipuler; elles sont en effet plus petites et plus lisses. Il n'est pas surprenant que les résultats obtenus dans ces conditions ne soient pas aussi constants que lorsqu'on opère avec des graines complètes.

En somme, pour faire germer les graines du *Thesium humile* en milieu aseptique, il suffit d'entamer légèrement la coque de sclérenchyme qui entoure l'amande. Tous les résultats obtenus en blessant mécaniquement les téguments aboutissent à cette conclusion.

On peut même ajouter, comme preuve indirecte à l'appui de cette interprétation, que les graines récoltées avant maturité complète, avant que le sclérenchyme n'ait par conséquent acquis sa résistance normale, germent directement, sans blessure préalable :

Des graines de grosseur normale, mais incomplètement mûres, sont récoltées en mai 1933. Mises à sécher dans des tubes de verre,

au soleil, elles sont conservées jusqu'en février 1934. Le 24 février, on met en même temps, sur du coton humide, 10 graines stérilisées au sublimé et intactes et 10 graines à calotte stylaire sectionnée. Les résultats sont les suivants :

TABLEAU 3

GRAINES RECOLTEES AVANT MATURITE COMPLETE

	Nombre	Germées après (jours) 10	16	24	Total p. %
Graines coupées	10	0	2	3	30
Graines intactes	10	0	2	3	30

La faculté germinative de ces graines est très imparfaite, en raison de leur récolte trop précoce. Celles qui, sectionnées, ne germent pas, doivent être considérées comme mal formées. Donc, toutes les bonnes ont germé, dans la série des graines intactes.

On ne peut pas faire intervenir ici une action de blessure, possible à priori dans les essais précédents où l'albumen est toujours blessé. Axentjev **(1)** a d'ailleurs établi pour d'autres graines que les lésions de l'albumen ou de l'embryon sont sans action sur les processus de la germination. On voit donc en définitive que *l'état du sclérenchyme* est un des facteurs essentiels de la germination ou de la non germination des graines du *Thesium humile.*

ATTAQUE CHIMIQUE

Au lieu d'agir sur le sclérenchyme en le piquant ou en le sectionnant, on peut le corroder avec des produits chimiques. L'acide sulfurique a été souvent utilisé avec succès **(1, 129bis)** pour détruire le tégument des graines sans nuire à l'embryon. Avec les graines du *Thesium humile*, son action est trop énergique lorsqu'elle s'exerce librement; il n'est pas possible de saisir le moment où, le sclérenchyme étant suffisamment corrodé, la faculté germinative de la graine est encore intacte.

Des lots de 6 graines chacun sont immergés dans l'acide sulfurique concentré. Après un temps variable, les graines sont rincées dans une solution diluée de carbonate de soude, lavées dans de l'eau et semées dans du sable. Les résultats sont les suivants :

TABLEAU 4

ACTION DE L'ACIDE SULFURIQUE CONCENTRÉ

Durée d'action	Nombre	Graines germées	Graines restées en bon état	Graines altérées
30'	6	0	6	0
1 h. 15'	6	0	6	0
2 h. 45'	6	2	1	3
3 h. 30	6	0	0	6

Les graines de *Thesium humile* peuvent donc résister à une immersion de 2 h. 30 dans l'acide sulfurique concentré.

D'autre part, des lots de 10 graines sont traités à l'acide sulfurique pendant 1 à 6 heures. Après élimination de l'acide, trempage dans une solution de carbonate de soude, puis dans l'eau ordinaire comme précédemment, les graines sont mises sur du papier buvard humide, sous cloche et à l'obscurité. Aucun ne germe. Le sclérenchyme de celles qui sont encore vivantes n'est pas suffisamment corrodé. Lorsque l'acide a pénétré profondément, l'albumen est attaqué et visiblement altéré. En particulier, les graines qui ont séjourné 6 heures dans l'acide sulfurique se laissent décortiquer avec la plus grande facilité, mais leur albumen est devenu translucide.

En localisant l'action de l'acide sulfurique, on peut obtenir des résultats positifs.

Le 20 février 1934, 9 graines sont plongées dans le xylol d'abord, qui les mouille bien, puis, rapidement, dans de la paraffine fondue. Avec un scalpel on entame ensuite la paraffine suivant une ligne qui circonscrit la graine à son équateur. Les graines ainsi traitées sont immergées dans l'acide sulfurique pendant 6 heures. Les téguments sont corrodés suivant le trait équatorial tracé au scalpel. La plus grande partie de leur surface est efficacement protégée par la paraffine. Après enlèvement de l'acide sulfurique, les deux calottes qui recouvrent l'amande sont facilement séparées et l'amande est mise à nu.

Grâce à cet artifice, l'action nocive de l'acide sulfurique sur l'albumen est localisée. Ces amandes nues sont mises en tube sur coton humide, à la lumière diffuse. Six sur neuf germent, soit 66 %. C'est le pourcentage que l'on obtient à la lumière diffuse avec des graines à sclérenchyme sectionné au rasoir. Mais la plupart des plantules sont chétives ou anormales.

L'acide azotique concentré, qui a donné de bons résultats à SPAETH (**129bis**), n'a pas été employé. Mais les solutions saturées d'acide chromique, qui dissolvent le ciment intercellulaire de pectate de chaux, permettent d'obtenir un pourcentage élevé de germinations tout à fait normales.

Les graines sont immergées dans une solution saturée d'acide chromique, puis rincées à l'eau et mises sur coton humide, en tube de verre. Une immersion de 24 heures détruit le parenchyme chlorophyllien et met le sclérenchyme à nu. Mais la corrosion de ce dernier pour permettre la germination demande 48 heures. Après trois jours de séjour dans la solution d'acide chromique, la faculté germinative des graines est encore normale.

TABLEAU 5

ACTION DE L'ACIDE CHROMIQUE

Durée de l'immersion	Nombre de graines	Graines germées après 11 jours	Graines germées après 15 jours	Total p. %
—	—	—	—	—
24 h.	10	0	0	0
48 h.	10	6	7	70
48 h.	10	7	9	90
72 h.	10	7	9	90

La coque de sclérenchyme éclate suivant ses trois lignes de déhiscence, de la même façon que dans la nature, et les plantules que l'on obtient sont tout à fait normales.

La corrosion des téguments des graines de *Thesium humile* donne donc des résultats identiques à ceux que fournit la section du sclérenchyme avec un rasoir. Lésion mécanique ou corrosion chimique étant équivalentes, le mécanisme de leur action doit être le même.

ATTAQUE BIOLOGIQUE

Les téguments des graines du *Thesium humile*, parenchyme chlorophyllien et sclérenchyme, sont des tissus morts qui, à priori, doivent être rapidement la proie dans le sol des micro-organismes de l'humification. L'intervention de ces micro-organismes est inéluctable. Considérée comme indifférente, elle est en général passée sous silence dans l'étude de la germination des graines des plantes cultivées ou spontanées. Au contraire, toute une série de faits, qui seront exposés

intactes en milieu aseptique et du rôle que jouent les lésions des téguments, on est naturellement amené à se demander si ces champignons saprophytes, en attaquant le sclérenchyme, ne sont pas des agents nécessaires à la germination. Cette hypothèse, en faveur de laquelle plaident donc déjà de fortes présomptions, deviendra encore plus vraisemblable si la germination des graines du *Thesium humile* est influencée, *toutes choses égales d'ailleurs*, par le milieu, stérile ou non stérile, dans lequel on les place. *In vitro*, malgré tous les subterfuges, on ne peut réaliser que des conditions de milieu plus ou moins anormales. Aussi, toute une série d'essais ont été effectués en pot, pour établir s'il y avait lieu de poursuivre des recherches plus précises avec l'hypothèse précédente pour guide.

Les graines utilisées pour ces essais ont été récoltées en vrac en mai 1933. On les choisit une à une, pour éliminer toutes celles qui sont visiblement mauvaises. Chaque pot reçoit 50 graines et chaque essai comporte 5 pots identiques, soit 250 graines. Les essais sont faits, les uns dans du sable de mer lavé à l'eau douce, les autres dans du terreau. Dans un certain nombre de séries, le sable ou le terreau sont stérilisés, après avoir été mis en pot, par un séjour de 2 h. à l'autoclave à 120°. Cette durée est nécessaire pour que la stérilisation soit complète jusqu'au centre du sable ou du terreau (pots de 20 c/m de diamètre à l'ouverture). Les graines sont stérilisées par immersion dans le sublimé (voir p. 84). Les séries sont assez nombreuses pour se contrôler mutuellement. Elles sont établies de façon à faire apparaître, s'il y a lieu, des différences dans la germination des graines suivant que le milieu est, à l'origine, aseptique ou non, sans qu'aucun autre facteur, si négligeable qu'il soit en apparence, puisse être incriminé. Ces séries sont les suivantes :

I. — SABLE DE MER

A. — Séries de 250 graines en 5 pots

N°	Date du semis	
—	—	
1	6.11.33	Sable ordinaire, graines ordinaires.
2	7.11.33	Sable ordinaire, graines ordinaires ayant trempé dans une délayure de terre.
3	8.11.33	Sable ordinaire, graines ordinaires ayant trempé dans une délayure de fumier.
3 *bis*	7.11.33	Sable ordinaire, graines ordinaires ayant trempé dans une culture de Bacille du rouissage (Bacille Kaiser n° 6).

N°	Date du semis	
—	—	
4	8.11.33	Sable ordinaire, graines stérilisées ayant trempé dans une délayure de fumier.
5	8.11.33	Sable stérilisé, graines stérilisées ayant trempé dans une délayure de fumier.
6	14.11.33	Sable stérilisé, graines stérilisées ayant trempé dans une délayure de fumier stérilisée.
9	16.11.33	Sable ordinaire, graines stérilisées ayant trempé dans une délayure de terre.

B. — **Séries de 20 graines en 1 pot**

Graines à parenchyme chlorophyllien enlevé par frottement sur papier d'émeri et aseptisées par frottement dans du sable stérile (voir p. 84)

7	16.11.33	Sable stérilisé, graines aseptiques, sans parenchyme chlorophyllien, ayant trempé dans une délayure de terre.
8	16.11.33	Sable stérilisé, graines aseptiques, sans parenchyme chlorophyllien, ayant trempé dans une délayure de terre stérilisée.

Du 15 au 20 mars, lorsque aucune nouvelle germination n'est susceptible de se produire, ainsi que les observations des années précédentes l'ont montré, le sable est lavé sur un tamis et les graines recherchées une à une. Beaucoup sont vides. Ce sont des graines dont l'amande, mal développée, est décomposée. On détermine, pour chaque série, le nombre de graines restées en bon état apparent, dont la faculté germinative est conservée puisque, dans la série 9, elles ont toutes germé l'année suivante. Le pourcentage des graines germées et de celles qui sont restées à l'état latent est déterminé, pour chaque série, en ne tenant compte que des graines qui étaient bonnes, déduction faite par conséquent des graines qui ont pourri. Les résultats fournis par ces essais sont réunis dans le tableau suivant. Pour chaque série, la colonne de gauche (T) donne le nombre total des graines germées au jour de l'observation, et la colonne de droite (%), le pourcentage des graines germées à ce jour, en fonction du nombre de bonnes graines de la série (Germées + Bonnes non germées) (Tableau 6, p. 100).

TABLEAU 6

GERMINATION DANS LE SABLE

Nº de série	Date	1 (T %)	2 (T %)	3 (T %)	3 bis (T %)	4 (T %)	5 (T %)	6 (T %)	9 (T %)	7 (T %)	8 (T %)
Décembre	11...	15....8	6....4	12....9	»....»	1....1	»....»	»....»	»....»	»....»	»....»
	13...	60...34	18...11	21...15	4....3	11....7	»....»	»....»	4....2	»....»	»....»
	15...	83...43	34...22	35.. 25	12...10	24...15	2....1	1....1	20...11	1....6	»....»
	16...	98...56	48...31	43...31	19...16	30...19	5....3	4....3	39...22	3...17	»....»
	18...	114...65	62...40	50...36	26...23	44...27	7....5	4....3	52...29	3...17	»....»
	20...	116 ..66	68...44	54...39	28...24	49...30	12....8	5....4	65...36	3...17	»....»
	22...	116...66	73...47	55...40	35...30	55...34	16...11	6....5	63...38	4...22	»....»
	25...	120...68	79...51	61...44	43...37	66...41	18...13	7....5	75...42	4...22	»....»
	28...	125...71	96...61	68...50	52...45	81...50	18...13	.9....7	84...47	4...22	»....»
	30...	131...75	100...64	73 ..53	58...50	98...61	21.. 15	11....8	90...50	5...28	»....»
Janvier	2...	136...78	105...67	79...58	60...52	102...63	24...17	11....8	92...51	6...33	»....»
	6...	137...78	109 ..70	81...59	62...54	107...66	36...25	11....8	99...55	6...33	»....»
	10...	139...79	109...70	83...60	65...56	109...68	40...28	11....8	102...57	6...33	»....»
	13...	139...79	109...70	84...61	72...63	109...68	40...28	15 ..11	104...58	6...33	» ...»
	18...	147...84	117...75	93...68	72...63	121...75	56...38	25...19	104...58	6...33	»....»
	24...	148...85	125...80	100...73	77...67	129...80	68...48	33...25	110...61	6...33	1....5
	30...	148...85	128...82	102...74	78...68	132 ..82	74...52	34...26	116...65	6...33	1....5
Fevrier	3...	148...85	128...82	103...75	83...72	132...82	77...55	34...26	117...65	6...33	1....5
	9...	148...85	128...82	103...75	83...72	132...82	77...55	38...29	120...67	6...33	4...21
	19...	148...85	131...84	103...75	86...75	136...84	79...56	40...31	120...67	6...33	4...21
	27...	148...85	131...84	103...75	86...75	136...84	79.. 56	40...31	121...68	6...33	4...21
Total — Germées :		148...85	131...84	103...75	86...75	136...84	79...56	40...31	121...68	6...33	4...21
Total — Bonnes non germées :		27...15	25...16	34...25	29...25	25...16	62...44	90...69	58...32	12...67	15...79
Total — Mauvaises :		75...30	94...38	113...45	135...54	89...36	109 ..44	120...48	71...28	2...10	1....5

Dans le terreau, les séries suivantes ont été réalisées :

II. — TERREAU

Série	Date du semis	250 graines en 5 pots
A	31.10.33	Terreau ordinaire; graines ordinaires ayant trempé dans une délayure de fumier stérilisée.
B	3.11.33	Terreau ordinaire; graines stérilisées ayant trempé dans une délayure de fumier stérilisée.
C	30.10.33	Terreau stérilisé; graines ordinaires ayant trempé dans une délayure de fumier.
D	3.11.33	Terreau stérilisé; graines ordinaires ayant trempé dans une délayure de fumier stérilisée.
E	30.10.33	Terreau stérilisé; graines stérilisées ayant trempé dans une délayure de fumier.
F	6.11.33	Terreau stérilisé; graines stérilisées ayant trempé dans une délayure de fumier stérilisée.

La germination des plantules, notée de la même façon que dans les séries sur sable de mer, est enregistrée dans le tableau 7, p. 102.

La marche de la germination dans le sable varie beaucoup suivant les séries, comme le montrent les chiffres du Tableau 6 et, plus clairement, le Graphique I établi en partant de ces chiffres. Les dates y sont portées en abscisse et le pourcentage de graines germées dans chaque série en ordonnée. Les courbes 9' et 9a se rapportent à la germination, à l'automne suivant, des graines de la série 9 qui n'avaient pas germé en hiver. Les dates relatives à ces deux courbes, dont l'interprétation est donnée p. 128 et 130, sont placées en abscisse en haut du graphique.

Dans le sable, ce sont les graines de la série 1 qui germent le plus vite (courbe 1). Le trempage préalable des graines dans un milieu septique (délayure de terre, courbe 2; délayure de fumier, courbe 2; culture de bacille du rouissage, série 3bis, à peu de chose près superposable à la série 3), loin d'accélérer la germination dans ces conditions, la retarde plutôt. Mais la différence n'est pas nécessairement due à l'intervention des micro-organismes apportés par ces opérations, les graines de la série 1 n'ayant pas subi de trempage de même durée dans le même milieu stérilisé à l'autoclave.

Les graines stérilisées mises dans du sable ordinaire (courbe 4) germent comme les graines non stérilisées. Le traitement au sublimé n'entrave donc pas la germination. On ne peut pas lui attribuer le décalage de la courbe 9 par rapport à la courbe 2 qui s'explique très

TABLEAU 7

GERMINATION DANS LE TERREAU

Série	Date	A T	A %	B T	B %	C T	C %	D T	D %	E T	E %	F T	F %
Décembre.	11	9	6	6	5	4	3	»	»	»	»	»	»
	13	18	12	7	6	8	7	»	»	2	1	1	1
	15	19	13	11	9	19	16	1	1	9	7	14	10
	16	27	18	12	10	25	22	2	2	13	10	17	12
	18	31	21	14	12	25	22	3	2	14	10	18	13
	20	36	25	18	15	29	25	7	6	14	10	20	14
	22	46	31	25	21	35	30	18	15	17	13	21	15
	25	66	45	37	31	38	33	27	22	21	16	31	22
	28	97	66	56	47	54	47	40	32	44	33	40	28
	30	109	75	69	58	60	52	48	39	50	37	47	33
Janvier...	2	115	79	72	61	66	57	56	45	56	42	51	36
	6	127	87	91	77	79	69	67	54	69	51	67	47
	10	132	90	99	84	84	73	70	56	72	54	75	53
	13	135	92	100	85	89	77	74	60	78	58	80	56
	18	137	94	104	88	96	83	81	65	91	68	94	66
	24	137	94	110	93	101	88	89	72	102	76	107	75
	30	140	96	114	97	106	92	96	77	113	84	122	86
Février....	3	141	96,5	114	97	109	95	100	81	115	86	125	88
	9	141	96,5	114	97	110	96	100	81	120	89	130	91
	19	141	96,5	114	97	110	96	100	81	122	91	133	94
	27	141	96,5	115	97	110	96	101	81	123	92	134	94
Total	Germées :	141	96,5	115	97	110	96	101	81	123	92	134	94
Total	Bonnes non germées :	5	3,5	3	3	5	4	23	19	11	8	8	6
Total	Mauvaises :	104	40	132	53	135	54	126	50	116	46	106	42

simplement par une différence de 8 jours dans la date du semis. La série 9 a été semée la dernière; elle permet d'apprécier l'ordre de grandeur extrême des variations dues à l'échelonnement des semis sur une période de 10 jours qu'il n'était matériellement pas possible d'écourter. Le pourcentage final de germination un peu plus faible que dans les séries 1 à 4 est la conséquence de ce semis légèrement tardif.

Le graphique I montre clairement l'analogie étroite des courbes 1, 2, 3, 4 et 9. Elles sont toutes rapidement ascendantes dès l'origine, puis deviennent progressivement horizontales. En milieu septique, la germination est donc rapide au début. Elle se ralentit peu à peu,

puis cesse à partir de la fin du mois de janvier. Le pourcentage final de germination est de 68 % au minimum (série 9, semée en dernier lieu). Il ne dépasse pas 85 % (série 1).

La stérilisation simultanée des graines et du sable, avec trempage des graines dans une délayure de fumier stérilisée pour se placer dans des conditions de milieu physique et chimique rigoureusement comparables aux précédentes (série 6 comparée aux séries 2, 3, 4 et 9), se répercute de façon très frappante sur la vitesse de germination et sur le pourcentage final des graines germées. La courbe 6 est, en effet, distincte du tout au tout des courbes 2, 3, 4 et 9, auxquelles elle doit être comparée. L'analyse détaillée des facteurs en présence doit nécessairement faire apparaître la cause d'une différence aussi marquée. Le sable, bien que beaucoup moins riche que la terre ou le terreau, renferme normalement des germes de bactéries et de champignons d'espèces saprophytes banalles. Ces germes sont tués dans la série 6. La stérilisation du sable à l'autoclave ne peut pas apporter d'autres modifications importantes, puisque les graines germent aussi bien dans du terreau ordinaire (série B) que dans du terreau stérilisé (série C). Il n'est donc pas possible d'invoquer une action physique ou chimique de la chaleur sur le milieu. Si une telle action existait, elle devrait en effet se retrouver, beaucoup plus marquée, dans les essais sur terreau, car la chaleur est susceptible de modifier beaucoup plus profondément les caractères physiques et chimiques d'un substratum complexe (terreau) que ceux d'un substratum formé presque exclusivement de grains de silice. Or, les séries sur terreau sont toutes équivalentes.

La seule variable que l'on puisse faire intervenir est d'ordre biologique : c'est la teneur initiale du milieu en germes de micro-organismes. La corrélation entre cette teneur et la vitesse de germination est frappante.

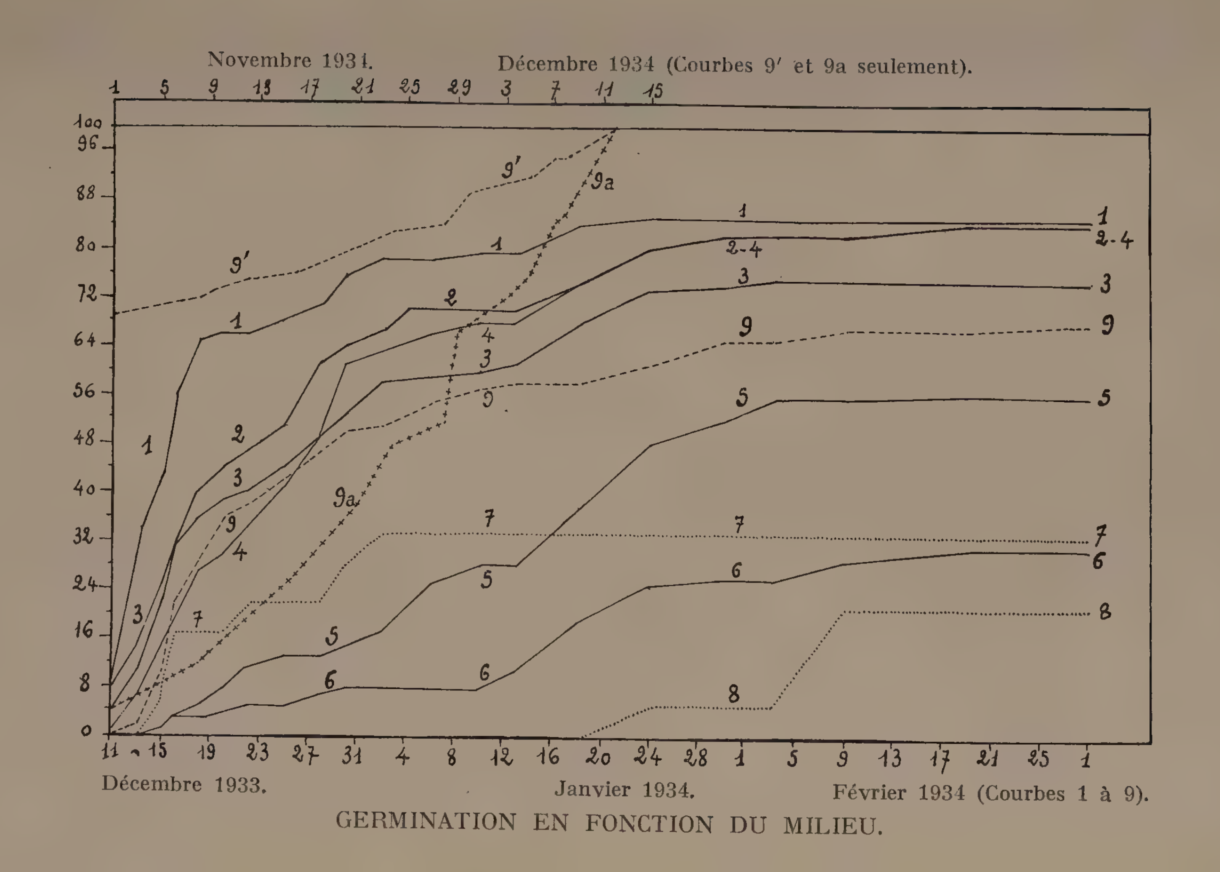
La germination échelonnée de quelques graines dans la série 6, loin d'infirmer cette interprétation, lui donne au contraire plus de poids. L'observation microscopique montre en effet que les graines qui germent ne sont pas aseptiques; la surface de leur albumen est envahie par un réseau mycélien très net. La stérilisation des graines n'étant jamais totale, ont donc tout d'abord germé celles qui avaient conservé, à l'abri de leurs sépales par ex., quelques spores vivantes de champignons. Puis, progressivement, de nouvelles graines ont été contaminées à partir de spores apportées par l'air et entraînées dans le sable par l'eau de pluie. Elles sont sans doute à l'origine des germinations de la deuxième quinzaine de janvier, relativement nombreuses.

Les différences accusées entre les séries 5 et 6 s'expliquent de la

même façon. La délayure de fumier a en effet apporté des germes de micro-organismes. La relation de cause à effet entre cet apport et la germination plus rapide et finalement plus élevée s'impose naturellement à l'esprit. Cet apport n'est pourtant pas suffisant pour permettre une germination normale (série 5, courbe 5, comparée à la série 4, courbe 4). Or, la délayure de fumier est riche en bactéries et pauvre en champignons. C'est un indice net que les micro-organismes qui interviennent doivent appartenir plutôt au second groupe qu'au premier. D'autres essais fournissent des indications du même ordre. C'est pourquoi les recherches *in vitro* ont presque exclusivement porté sur le rôle des champignons.

Avec le terreau, on se trouve en présence d'un milieu riche en humus et en débris végétaux plus ou moins décomposés. Ce milieu est très favorable au développement des micro-organismes. A l'air libre, le terreau stérilisé est donc rapidement contaminé. Il l'est d'autant plus vite que quelques graines apportent avec elles des germes vivants, malgré leur stérilisation au sublimé. De plus, par temps sec, des crevasses se forment dans le terreau, qui permettent la pénétration directe des germes apportés par l'air dans la couche superficielle où sont les graines. Il n'est donc pas surprenant que la germination se soit produite de la même façon dans les différentes séries (Tableau 7). Les courbes qui traduiraient les chiffres de ce tableau auraient la même allure générale que les courbes 2, 3 et 4 des séries dans du sable. Le pourcentage final de germination est seulement plus élevé en général dans le terreau que dans le sable. Il est de 81 au minimum (série D), il dépasse en général 90 et atteint 97 %.

Bien que n'ayant mis en jeu qu'un nombre de graines peu élevé (30 graines), les séries 7 et 8 donnent pourtant des résultats très précis qui rentrent très exactement dans le cadre de l'interprétation précédente. Dans la série 8 (courbe 8), en milieu aseptique, les germinations sont plus tardives que dans la série 6 et le pourcentage final est encore moins élevé. Après trempage dans une délayure de terre qui apporte des germes de micro-organismes, la germination est beaucoup plus rapide (série 7, courbe 7). Mais, très tôt, les germinations cessent, et le pourcentage final (33 %) reste bien inférieur à ce qu'il est dans des conditions de milieu similaires, avec des graines pourvues de leur parenchyme chlorophyllien (courbe 5 par ex.). Une telle différence ne peut être expliquée qu'en admettant l'utilité du parenchyme chlorophyllien mort. Il permet aux champignons d'acquérir un développement suffisant pour vaincre la résistance que leur offre le sclérenchyme. Cette hypothèse, qui s'impose par sa logique, cadre exactement avec les faits et forme un tout très cohérent avec les interprétations précédentes touchant le rôle des micro-organismes.



GERMINATION EN FONCTION DU MILIEU.

ACTION DE CHAMPIGNONS IN VITRO

Pour obtenir *in vitro* la germination des graines du *Thesium humile* en présence d'espèces déterminées de champignons, on se heurte à un certain nombre de difficultés qu'il a fallu vaincre successivement.

En tube, sur coton humide, les graines intactes ne germent pas ou ne germent que de façon très irrégulière à la suite d'infections accidentelles ou artificielles par des moisissures banales. Il se forme à leur surface un feutrage très dense qui, sans doute, entrave la respiration de l'embryon et s'oppose à son développement, bien que le sclérenchyme soit envahi et qu'un réseau mycélien très régulier se forme sur l'albumen, qui résiste longtemps à ces espèces saprophytes.

Le 10 octobre 1934, 10 graines stérilisées sont immergées dans une suspension de spores d'*Alternaria tenuis* puis réparties une à une dans des tubes de culture à pomme de terre, sur coton humide. Elles se recouvrent toutes d'un feutrage noir très dense d'*Alternaria tenuis*, mais aucune ne germe.

Le 18 décembre 1934, une nouvelle série est réalisée avec des graines dont les sépales sont enlevées au scalpel. 4 sur 10 germent au cour du premier mois. Comme le simple enlèvement suffit déjà à permettre la germination de quelques graines, on voit que cet essai n'est pas démonstratif (voir Tableau 2, p. 91).

Pourtant, dans un troisième essai, les résultats sont nettement positifs.

50 graines à sépales enlevés au scalpel sont stérilisées au sublimé puis réparties 2 par 2 dans des tubes de culture, sur coton humide. Le 18 janvier 1935, sur 24 graines restées stériles, 4 ont germé et 20 non. Les 26 qui restent sont envahies par des moisissures diverses : 6 sont germées et 20 non germées. Mais, alors qu'aucune nouvelle graine aseptique ne germe après le 18 janvier 1935, on compte, fin janvier, 14 graines germées sur 26 dans le lot accidentellement contaminé. (En tenant compte de ce que les graines ont été réparties deux par deux, le calcul des probabilités indique qu'il y a eu à l'origine au moins 30 graines aseptiques (60 %) et au plus 20 (40 %) imparfaitement stérilisées par le sublimé.)

Mais, pour obtenir des résultats indiscutables, il a fallu réaliser des conditions de milieu très voisines de celles que les graines rencontrent dans le sol naturel ou dans le sable en pot. Des ballonnets spéciaux de 250 cc. ont été utilisés (Pl. XVIII, fig. 1). Leur col, très large, est pourvu à sa base d'un étranglement. Une mèche de lampe à alcool, dont l'extrémité inférieure trempe dans l'eau qui remplit à moitié le ballonnet, se termine au niveau de l'étranglement où elle est retenue par une bille de verre. Au-dessus, on place une couche de 3 à

4 cm. de sable de mer *grossier*, bien lavé. Le tout est stérilisé à l'autoclave. Les graines, stérilisées au sublimé, sont placées sur le sable près d'un fragment de gélose prélevé dans une culture pure d'un champignon en plein développement. On verse alors dans le ballon une couche de 1 cm. de sable grossier sec, stérilisé au four à flamber à 150° et on arrose avec un peu d'eau stérile. On réalise ainsi un milieu à humidité constante, qui ne permet pourtant pas un développement exubérant du champignon et que l'on peut aérer périodiquement. La tubulure latérale permet en effet de faire passer un courant d'air lent à travers le sable. Un manchon de papier noir autour du col donne enfin la certitude que les graines sont complètement à l'obscurité.

On peut aussi, plus simplement, utiliser des ballons ordinaires à tubulure latérale, dans lesquels, à la base du col, un collier de fil de fer, accroché au sommet, maintient la mèche sur l'extrémité effilochée de laquelle repose le sable.

Si l'on emploie du sable trop fin qui se tasse beaucoup, on n'obtient que des résultats partiels et irréguliers, aussi bien avec des graines non stérilisées (seules ou en présence d'un peu de terre ordinaire) qu'avec des graines stérilisées au sublimé et infectées avec un champignon déterminé.

TABLEAU 8

GERMINATION *IN VITRO* DANS DU SABLE FIN

N° de l'essai	*Etat des graines (20-11-34)*		*Nombre*	*Germées le 19-12-34*
1	Graines non stérilisées, sans terre		10	4
2	id.	id.	10	0
3	id.	avec terre	10	3
4	id.	id.	10	0
5	Graines stérilisées, avec *Cladosporium herbarum*		10	0
6	id.	id.	10	1
7	id., avec *Macrosporium commune*		10	3
8	id.	id.	10	5
9	id., avec *Alternaria tenuis*		10	0
10	id.	id.	10	7

Dans les conditions optima, avec du sable grossier (ne passant pas à travers des mailles de 1mm5), et un renouvellement de l'air du ballon tous les huit jours, les résultats sont équivalents à ceux que l'on obtient dans le sable, en pot.

TABLEAU 8 bis

GERMINATION *IN VITRO* DANS DU SABLE GROSSIER

N° de l'essai	*Etat des graines (13-12-34)*	*Nombre*	*Germées le 14-1-35*
—	—	—	—
1..	Graines stérilisées, avec *Alternaria tenuis*	10	9
2	id.	10	7
3	id.	10	8

Les graines des trois séries montrent, à la surface de leur albumen, le même réseau mycélien que celles qui germent spontanément dans les champs ou dans le sable. Ensemencées sur gélose à l'avoine, les graines du ballon n° 1 fournissent l'*Alternaria tenuis* en culture pure. Celles des nos 2 et 3 donnent des cultures du même champignon infectées par une bactérie immobile en bâtonnets qui n'a pas été identifiée. Elle n'a joué aucun rôle, puisque les résultats des trois séries sont équivalents.

Ces résultats prennent toute leur valeur si l'on indique à nouveau que les graines ne germent pas en milieu stérile. Il est difficile de réaliser, dans ces mêmes conditions de milieu, de nombreuses séries aseptiques. La stérilisation des graines n'est jamais absolue. Quelques-unes — 3 ou 4 par groupe de 10 — gardent toujours des germes vivants, bactéries ou champignons. Il est donc matériellement impossible de réaliser aseptiquement des séries de 5 ou 10 graines dans un même ballon. Si l'on tient en outre compte des risques d'infections accidentielles par les germes de l'air au moment où les graines, le sable et l'eau sont mis dans les ballons, on voit que les séries témoins sont difficiles à obtenir. Comme elles étaient rigoureusement nécessaires, l'essai suivant a été réalisé :

Le 17 janvier 1935, 17 ballons reçoivent chacun deux graines stérilisées au sublimé. Examinés le 18 fevrier 1935, quatre, renfermant huit graines, sont restés stériles, d'après l'observation microscopique d'une des graines et la mise en culture de l'autre. Aucune de ces huit graines n'a germé. Les vingt-six graines des treize autres ballons sont par contre visiblement envahies par des champignons divers, certaines, en outre, par des bactéries. En culture, on obtient des espèces

saprophytes, notamment le *Penicillium glaucum*, l'*Alternaria tenuis* et une espèce qui paraît identique au *Strachybotrys lobulata*. Or, dans les ballons contaminés, on trouve soit deux graines germées sur deux, soit une sur deux, soit zéro sur deux. Au total, treize graines germées sur vingt-six. La plupart des graines germées ont un réseau mycélien sur leur albumen. Toutes montrent leurs téguments infiltrés de filaments mycéliens. La complexité de ces résultats n'enlève donc rien à leur force probante. Les cas nombreux d'infections accidentelles, que la structure même des graines du *Thesium humile* et la technique de ces essais rendent impossible à éviter, ont eux aussi leur valeur démonstrative.

Dans une autre série d'essais, quatre ballons reçoivent chacun cinq graines. Comme il fallait s'y attendre, aucun n'est resté stérile. Aussi, toutes les graines ont germé dans deux d'entre eux et trois sur cinq dans les deux autres. Au total, seize graines germées sur vingt. Les graines de deux des ballons ont donné en culture un *Placospora*. Du troisième, on a isolé un champignon qui n'a pas fructifié et du quatrième, à la fois un champignon et une bactérie, indéterminés l'un et l'autre.

Les tentatives pour réaliser, dans du sable, en ballon, des lots stériles de cinq graines pouvant servir de témoin sont restées infructueuses. A plus forte raison, les lots de dix graines artificiellement infectés avec un champignon défini ont dû être accidentellement envahis par une autre espèce. Effectivement, de la plupart des nombreuses séries réalisées, on a pu isoler, à la fin de l'essai, outre l'espèce inoculée, d'autres moisissures banales ou des bactéries. Mais le résultat cherché n'en est pas moins rigoureusement atteint, puisqu'il s'agissait de démontrer avant tout que les graines du *Thesium humile*, qui ne germent pas *in vitro* en milieu aseptique, germent lorsque, toutes choses égales d'ailleurs, des micro-organismes interviennent. Si les conclusions relatives à la nature de ces micro-organismes ne présentent pas, en principe, le même degré de certitude, il faut remarquer que, en fait, elles sont parfaitement fondées. En effet, l'espèce inoculée l'est sous la forme d'un fragment de culture en plein développement. Elle envahit par conséquent très vite les graines placées à son voisinage, tandis que les micro-organismes à l'état de spores, apportés par les graines conservées plusieurs mois à sec, se développent beaucoup plus lentement. La première a donc sur les seconds une avance qui lui permet de limiter leur croissance puisque, dans les cultures, les colonies de champignons d'espèces différentes restent en général distinctes. D'autre part, l'espèce inoculée est une moisissure banale. Les chances d'apport accidentel de spores de la même espèce sont réelles. Enfin, les séries non inoculées de deux ou de cinq graines par

ballon ont souvent été infectées par une seule espèce qui a été isolée en culture pure et déterminée. Elles constituent donc autant d'essais parfaitement valables. Ainsi, on est fondé à conclure que différentes espèces de moisissures banales, agissant seules, sont capables d'attaquer le sclérenchyme des graines du *Thesium humile* et d'en permettre la germination.

Les résultats les plus probants ont été obtenus avec l'*Alternaria tenuis*. Ils sont consignés dans le tableau 8bis. Comme cette espèce a, d'autre part, été isolée de séries non inoculées dans lesquelles les graines ont germé, son action est indéniable. Enfin, on l'obtient souvent en culture pure, à partir de l'albumen des graines qui germent dans la terre, le terreau ou le sable. Elle est donc, dans la nature, l'une de celles dont le rôle est certain.

Le *Placospora herbarum* (dont la forme conidienne est le *Macrosporium commune*) agit certainement aussi dans les mêmes conditions. Les résultats du tableau 8 sont assez probants. C'est l'une des espèces communément isolées des graines qui germent dans le sable, en pot.

Un *Placospora* non déterminé (ascospores de 23-25 × 10-11 μ, pas de fructifications conidiennes en culture), a fait germer huit graines sur dix dans deux ballons où il s'est développé sans avoir été inoculé. Ses périthèces se rencontrent souvent à la surface même des graines qui germent dans le sable en pot. C'est donc très vraisemblablement aussi une espèce active.

L'intervention du *Cladosporium herbarum* est vraisemblable, mais ne ressort pas nettement des résultats des essais *in vitro* (Tableau 8). Dans un autre de ces essais, sept graines sur dix ont germé, mais on en a isolé, outre le *Cladosporium* inoculé, une autre espèce de champignon qui, faute de fructifications, n'a pu être déterminée.

Les mêmes remarques s'appliquent au *Rhizopus nigricans*, souvent isolé des graines qui germent dans le sable, en pot. *In vitro*, il a donné, dans un essai, trois germinations sur dix graines. La surface de l'albumen des graines, germées ou non germées, était parcourue par un réseau de filaments non cloisonnés appartenant certainement à cette *Mucoracée*, de nouveau isolée en culture pure à partir de ces graines. Elle peut donc traverser le sclérenchyme. Mais comme les graines utilisées avaient eu leurs sépales enlevés au scalpel, la germination de trois sur dix n'a pas de valeur démonstrative suffisante (voir le Tableau 2, p. 91).

Le *Penicillium glaucum*, le *Stachybotrys lobulata* ou une espèce voisine (spores brunes, verruqueuses, de 9-10 × 5-6 μ; stérigmates en massue de 10-11 × 5-6 μ) et un *Scolecotricum* qui n'a pu être rapporté à une espèce déterminée de ce genre, semblent être aussi des cham-

pignons dont l'action est suffisante, puisqu'ils se sont développés seuls dans des séries non inoculées dont les graines ont germé (deux sur deux ou une sur deux germées; graines pourvues de leurs sépales).

Quant aux bactéries, elles ne se sont développées que de façon très irrégulière dans l'ensemble de ces essais. Comme leur présence ou leur absence n'a pas influé sur les résultats, leur action est peu vraisemblable. On n'est naturellement pas fondé à conclure que, dans la nature, aucune espèce de bactérie n'est à elle seule capable d'assurer la corrosion biologique du sclérenchyme. Mais il semble bien que, dans cette attaque, les champignons doivent jouer le rôle essentiel.

Les essais en pot dans le sable ou le terreau, avec des graines stérilisées au sublimé, montrent que l'intervention d'espèces de micro-organismes excessivement communes (les seules qui puissent infecter les graines dans ces conditions), est suffisante pour faire germer les graines du *Thesium humile*. Les isolements en culture des champignons qui enveloppent d'un réseau la surface de l'albumen des graines qui germent dans les champs, isolements confirmés par les résultats des essais de germination *in vitro* en présence de ces mêmes espèces, établissent que le rôle essentiel est joué dans la nature par les champignons qui se développent communément dans les débris végétaux. Il était intéressant d'étudier parallèlement l'action de champignons spécifiquement lignicoles tels que les Polyporées. Ces champignons doivent en effet être capables de faire germer les graines du *Thesium humile*, puisqu'il s'agit de détruire un tissu lignifié : le sclérenchyme. Mais, comme ils ne font pas partie de la flore fongique habituelle des terres à céréales, ils n'ont pas, en fait, l'occasion d'intervenir. Plusieurs espèces de Polyporées ont donc été essayées [1].

Ces essais n'ont pu être faits en ballon, dans du sable, comme ceux réalisés à partir d'Hyphomycètes. En effet, le développement des Polyporées est beaucoup plus lent que celui des moisissures. Avec des lots de dix graines, on ne peut pas se mettre absolument à l'abri de ces dernières qui ont toujours pris le pas sur la Polyporée inoculée. Les germinations qui se sont produites (parfois dix graines sur dix), doivent donc leur être attribuées. Le réseau mycélien de la surface de l'albumen était en effet formé de gros filaments mycéliens cloisonnés d'Hyphomycètes et ce sont eux que l'on obtenait en culture pure, non la Polyporée utilisée. On a donc eu recours à la méthode suivante. On met de la gélose à l'avoine dans une boîte de Pétri dont on inocule le centre avec une culture pure de Polyporée. Lorsque la colonie qui en résulte, en plein développement, a 2 ou 3 cm. de dia-

---

(1) Les cultures pures de ces Polyporées m'ont été aimablement fournies par MM. ARNAUD et BARTHELET, que je suis heureux de remercier ici.

mètre, on répartit en cercle à sa périphérie, au contact même du mycélium, dix graines de *Thesium humile* stérilisées. En vingt-quatre ou quarante-huit heures, ces graines sont englobées dans la colonie. Aucun champignon étranger ne se développe dans ces conditions. Trois essais ont été faits, l'un avec *Polyporus igniarius*, agent de l'Esca de la Vigne, les autres avec *Polyporus ostreatus* et *Stereum purpureum*. L'une des graines de chaque série est examinée au bout de seize jours. A ce moment, le mycélium est abondant dans le parenchyme chlorophyllien, mais il n'a pas traversé le sclérenchyme. La surface de l'albumen en est encore dépourvue. Avec l'*Alternaria tenuis*, dans les mêmes conditions, un réseau mycélien circonscrit les cellules de l'albumen au bout de quatorze jours. Cet Hyphomycète est donc capable de traverser le sclérenchyme beaucoup plus vite que les Polyporées, espèces lignicoles par excellence pourtant.

Les neuf graines qui restent dans chaque série sont laissées en place. Aucune ne germe, les phénomènes d'inhibition (voir p. 125) entrant en jeu.

La gélose ne tarde pas à se dessécher, sans qu'aucun autre champignon ne se développe. Le 5 décembre 1934, soit plus de huit mois après le début de l'essai, les graines, sèches, sont placées trois par trois sur du coton humide. Le 26 décembre 1933, les germinations sont les suivantes :

Polyporus igniarus : 2 sur 9.

Stereum purpureum : 2 sur 9.

Polyporus ostreatus : 7 sur 9.

Si les résultats sont peu concluants avec les deux premières espèces, il n'en est pas de même avec le *Polyporus ostreatus*. Comme aucun autre champignon étranger n'est intervenu à titre secondaire, la germination résulte sans aucun doute de l'attaque lente du sclérenchyme par le *Polyporus ostreatus*. Le sclérenchyme corrodé, les graines ont pu germer sur coton humide, l'état d'inhibition de l'embryon ayant cessé au cours de l'été.

Parmi les bactéries capables de dissocier rapidement les tissus végétaux figurent les espèces qui interviennent dans le rouissage. Ces micro-organismes agissent de façon spécifique sur le ciment intercellulaire de pectate de chaux. Une espèce particulièrement active, isolée par KAYSER et cultivée par les E^ts^ BOULARD qui en ont mis gracieusement des cultures pures à ma disposition, a été essayée à plusieurs reprises. En ballon, dans du sable, un essai sur cinq graines a donné trois germinations, mais un champignon est intervenu simultanément. Un deuxième essai où seul le « Bacille Kayser n° 6 » s'est

développé, a donné deux germinations sur quatre graines. Mais ce seul résultat n'est pas démonstratif, car il s'agissait de graines à sépales enlevés au scalpel dont quelques-unes sont capables de germer spontanément. D'autres essais effectués de façon différente ont donné des résultats négatifs. Les graines stérilisées avaient été immergées pendant deux à quatre jours dans une culture jeune de « Bacille Kayser n° 6 » sur bouillon de carotte, puis ensuite mises sur coton humide en tube. Aucune ne germa et, d'ailleurs, le sclérenchyme était en apparence resté intact. Les graines ainsi traitées sont aussi résistantes à l'écrasement que des graines ordinaires. Malgré leur action bien connue sur le ciment intercellulaire, les bactéries du rouissage ne semblent donc pas capables de dissocier les cellules du sclérenchyme des graines du *Thesium humile* au point d'en permettre la germination.

SCLERENCHYME ET EAU

Le sclérenchyme, au même titre d'ailleurs que le parenchyme chlorophyllien, est perméable à l'eau. En quarante-huit heures, des graines entière absorbent 42 à 45 % de leur poids d'eau (Tableau 1, page 98), partie dans leurs téguments, partie dans leur amande. A dater de ce moment, le poids des graines reste constant, l'absorption d'eau cesse. L'analyse des forces en présence permet de traduire par une formule l'état d'équilibre qui est ainsi réalisé. On peut supposer, pour simplifier cette formule, que l'eau dans laquelle trempent les graines est de l'eau pure. Sinon, il faut faire intervenir dans le calcul la valeur de la pression osmotique de cette eau qui est, en fait, une solution très diluée.

Dans la graine sèche, l'amande ne remplit pas exactement la coque de sclérenchyme. Mais, après quarante-huit heures au moins de séjour dans l'eau, l'amande s'est gonflée et exerce sur la coque de sclérenchyme une pression qui distend légèrement cette coque. Par voie de réaction, le sclérenchyme, en vertu de son élasticité, tend à reprendre son volume initial et exerce sur l'amande une force de compression de même valeur (G), mais de sens contraire, dirigée par conséquent de l'extérieur vers l'intérieur. Cette compression se transmet également dans toute l'amande, tissu suffisamment plastique. Elle s'oppose au gonflement de cette dernière, c'est-à-dire au gonflement de chacune de ses cellules considérées individuellement, et par conséquent à l'absorption de l'eau par ces cellules.

Soit une cellule quelconque de l'amande d'une graine dans l'eau (supposée pure) depuis au moins quarante-huit heures. La force qui tend à faire pénétrer l'eau dans cette cellule est mesurée par la valeur à ce moment de la pression osmotique P de son suc cellulaire. Les

forces qui s'opposent à l'entrée de l'eau sont : 1° la réaction élastique de la paroi cellulaire mesurée par la turgescence T de cette cellule; 2° la réaction élastique du sclérenchyme G indiquée précédemment.

Puisque la graine n'absorbe ni ne perd plus d'eau, l'équilibre entre ces deux groupes de force est réalisé dans chaque cellule. Donc $P=T+G$ (en valeur absolue), d'où $G=P-T$.

La pression G que l'amande exerce sur la coque de sclérenchyme (on peut la désigner sous le nom de force de gonflement de l'amande) est donc égale à la différence entre la pression osmotique et la turgescence d'une cellule quelconque de l'amande.

Pendant les quarante-huit premières heures de son séjour dans l'eau, tant que l'absorption de l'eau n'est pas terminée, cette égalité n'est pas satisfaite. Les phénomènes diastasiques de solubilisation des réserves n'intervenant pas (voir p. 116), la valeur de la pression osmotique diminue au fur et à mesure que la cellule absorbe de l'eau. La turgescence augmente par contre, puisque la paroi cellulosique est de plus en plus tendue. Il en est de même de la pression que l'amande exerce sur le sclérenchyme, puisque le volume total de l'amande augmente. Si P', T' et G' sont les valeurs respectives de ces trois forces avant que l'absorption de l'eau ne soit terminée, on a

$$P' > P \quad T' < T \quad G' < G \quad \text{donc, nécessairement,} \quad P' > T' + G'$$

Cette inégalité persiste tant que l'absorption d'eau se poursuit. Elle implique en effet la pénétration de l'eau dans la cellule, puisque la force P' qui agit sur cette pénétration est supérieure à la somme des forces antagonistes.

Si le sclérenchyme n'existait pas, l'amande pourrait se gonfler librement, l'absorption de l'eau par chaque cellule cessant lorsque la turgescence devient égale à la pression osmotique du suc cellulaire (condition d'équilibre osmotique d'une cellule vivante dans l'eau pure). Donc, dans l'amande du *Thesium humile* supposée nue ($G=o$), chaque cellule absorberait de l'eau jusqu'à ce que l'on ait : $P^n=T^n$.

Dans la graine intacte, on avait :

$$P-T=G \quad G>0\ ;\ \text{donc} \quad P-T>0 \quad P>T$$

La quantité absolue de substances dissoutes que renferme une cellule donnée étant fixe (voir p. 116), le passage de l'inégalité $P>T$ à l'égalité $P_n=T_n$ ne peut se faire que par une absorption d'eau supplémentaire qui fait diminuer la valeur de la pression osmotique du suc cellulaire et augmenter celle de la turgescence. Donc

$$P_n < P \quad \text{et} \quad T_n > T$$

Ces conditions théoriques établissent donc que l'amande enveloppée par le sclérenchyme absorbe moins d'eau que si elle était nue. La simple logique permet d'ailleurs d'arriver à la même conclusion. Il est en effet accessible au simple bon sens que la résistance opposée par la coque au gonflement de l'amande ne peut avoir d'autre effet. Mais l'analyse précise des forces en présence est nécessaire pour tirer de ce phénomène toutes ses conséquences biologiques.

Il n'est pas possible de vérifier cette conclusion en déterminant par pesée la teneur en eau de l'amande d'une graine entière de *Thesium humile* et celle d'une amande nue, après séjour dans l'eau jusqu'à poids constant. Les graines sont trop petites pour qu'on puisse les décortiquer sans blesser profondément l'amande et la détermination *exacte* de la teneur en eau de l'amande des graines entières se heurte à une impossibilité matérielle (voir p. 89). Mais le raisonnement s'applique indistinctement à toutes les graines dont l'amande est enveloppée par une coque résistante. La vérification en a donc été faite avec des noyaux d'olive.

Les olives, récoltées le même jour sur le même arbre, sont dépulpées et les noyaux mis à sécher à l'air libre. Chaque noyau est pesé individuellement, pour ne pas utiliser ceux dont l'amande est avortée et qui fausseraient complètement les pesées, parce qu'ils se remplissent très lentement d'eau par capillarité.

TABLEAU 9

ABSORPTION DE L'EAU PAR DES GRAINES D'OLIVIERS

(Lots de 10 graines)

	Noyaux entiers Poids en grammes	Amande nue Poids en grammes
Poids initial	4,427	0,696
Poids après 4 jours	4,868	0,842
— 6	4,930	0,857
— 8	4,963	0,868
— 10	4,985	0,872
— 12	4,968	0,880
— 14	4,993	0,887
— 16	4,986	0,898

	Amande	Coque	Perte	
Poids final	0,885	4,040	0,061	0,898
— sec	0,519	3,089		0,481
Eau	0,366	0,951		0,417
Eau p. 100 du poids sec	70,5	30,8		86,7

Le poids des noyaux entiers a atteint son maximum le dixième jour. Les variations de poids des pesées suivantes sont dues à un essorage plus ou moins complet de la surface des noyaux sur papier buvard. Elles se produisent tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre. Le seizième jour on retrouve le poids du dixième.

Le poids des amandes nues s'est accru très vite au cours des quatre premiers jours, puis il a progressé de façon régulière et il augmentait encore le seizième jour. Ces amandes s'acheminaient vers la germination. Les téguments bruns de la graine avaient déjà éclaté, laissant apparaître la surface de l'albumen.

Le seizième jour, les noyaux entiers sont cassés et on pèse séparément l'amande et la coque. Le poids total de ces deux parties accuse une perte de 61 mmgr. par rapport au poids des noyaux entiers. Cette perte n'intéresse à peu près que la coque. L'amande, retirée intacte, laissée à l'air pendant dix minutes, temps qu'il a fallu pour casser les noyaux, n'a perdu que 3 mmgr. par évaporation. La coque au contraire a perdu 9 mmgr. dans le même temps. De plus, les noyaux ont été cassés en les serrant dans un petit étau à main; la coque laisse un peu d'eau sur les mâchoires de l'étau. L'amande au contraire n'est touchée qu'avec des pinces. La détermination de son poids présente donc toute garantie.

Quant au poids des amandes nues, il était obtenu avec précision, après essorage superficiel au papier buvard. Deux pesées consécutives, avec immersion dans l'eau entre les deux, donnaient le même poids à 1 mmgr. près.

Les chiffres relatifs à la teneur en eau des amandes de noyaux entiers et à celle des amandes nues sont donc précis et ils fournissent une vérification très exacte des considérations théoriques qui ont motivé ces essais. Après dix jours, l'amande des noyaux intacts renferme 70,5 % de son poids d'eau et n'en absorbe plus, alors que l'amande nue en renferme déjà 81,2 % et continue à se gonfler lentement. Sa teneur est de 86,7 % le seizième jour et elle n'est pas encore stabilisée. La présence de la coque a donc bien limité l'absorption de l'eau par l'amande.

Cette influence de la coque est la seule qui puisse s'opposer à la germination des graines du *Thesium humile* à sclérenchyme intact. On ne peut pas en effet invoquer une perméabilité insuffisante du sclérenchyme à l'oxygène ou au gaz carbonique. L'intervention de micro-organismes, loin de faciliter la respiration de l'embryon, est en effet plutôt de nature à l'entraver, le champignon prenant pour lui l'oxygène et rejetant du gaz carbonique. D'ailleurs, sur coton humide, dans un ballon où l'on a fait passer un courant d'oxygène, les graines intactes ne germent pas.

On ne peut pas non plus invoquer la présence de substances telles que l'aldéhyde éthylique qui s'opposeraient au développement de l'embryon (MAZÉ, 98[bis]). Les phénomènes d'inhibition dus à ces substances, très nets dans le cas des graines du *Thesium humile* (voir p. 125), sont tout à fait indépendants de l'état des téguments. Une graine en état d'inhibition ne germe pas, même après section du sclérenchyme. A l'inverse des faits établis par MAZÉ pour le Maïs, les champignons qui attaquent les téguments du *Thesium humile* ne détruisent pas les substances inhibitrices. Action du sclérenchyme sur la germination et influence de substances inhibitrices sur l'embryon sont deux phénomènes distincts, mais qui peuvent être concomitants.

Le sclérenchyme, en limitant l'absorption de l'eau, joue au contraire un rôle dont l'importance physiologique est facile à concevoir. En effet, la formule générale $G = P - T$ peut être appliquée à n'importe quelle cellule de l'amande. Or, il est évident que le suc cellulaire n'a pas la même composition dans toutes les cellules; les cellules de l'embryon diffèrent sûrement à ce point de vue des cellules de l'albumen. Soit P_a e T_a, P_e et T_e la pression osmotique et la turgescence d'une cellule déterminée de l'albumen et d'une cellule déterminée de l'écorce, on a :

$$P_a - T_a = P_e - T_e = G$$

La quantité d'eau absorbée par une cellule est donc d'autant plus faible que son suc cellulaire est plus pauvre en sels solubles. L'eau absorbée par l'amande ne se répartit donc pas de façon régulière entre les différentes cellules. Elle ne se répartit pas même proportionnellement à la pression osmotique de chaque cellule. En effet, si par exemple $P_e = G$, on a $T_e = 0$. La cellule correspondante absorbera juste assez d'eau pour que son protoplasme remplisse exactement la cavité cellulaire; elle sera à la limite entre la turgescence et la plasmolyse, état incompatible avec une évolution normale des processus physiologiques.

En fait, dans les graines de *Thesium humile* à sclérenchyme intact, placées en milieu humide, les phénomènes distasiques de solubilisation des réserves ne se produisent pas. Deux faits le prouvent :

1° Le poids des graines reste constant. Si des phénomènes de solubilisation se produisaient, la pression osmotique des cellules de l'amande augmenterait. L'égalité $P = T + G$ se transformerait en inégalité $P' > T + G$ qui amènerait un nouvel état d'équilibre :

$$P' = T' + G' \quad T' > T \quad G' > G$$

L'amande devrait donc absorber de l'eau. Comme son poids reste constant, il s'ensuit nécessairement que la pression osmotique du suc cellulaire ne change pas;

2° Les graines dont le sclérenchyme n'est sectionné qu'après six jours de séjour sur coton humide germent avec un décalage de même durée par rapport aux graines sectionnées le jour même où on les met sur coton humide.

TABLEAU 10

INFLUENCE DE L'ÉPOQUE DE LA SECTION DU SCLÉRENCHYME

(15 graines mises sur coton humide le 4-1-35)
(Température 10-12°)

Germées après	*Coupées le 4-1-35*	*Coupées le 10-1-35*
—	—	—
12 jours	4	1
14 »	11	2
16 »	14	6
18 »	15	9
22 »	—	11
26 »	—	14

Les graines du deuxième lot germent de façon plus échelonnée que celles du premier lot et le retard de six jours dans l'époque du sectionnement se retrouve dans l'époque de la germination. Les irrégularités s'expliquent par des degrés dans la résistance du sclérenchyme et par l'intervention, plus ou moins rapide suivant les graines, des phénomènes d'inhibition. Pris dans leur ensemble, ces résultats montrent que, tant que le sclérenchyme est intact, les phénomènes initiaux de la germination ne se déclenchent pas.

D'ailleurs, si la solubilisation des réserves se produisait dans les graines à sclérenchyme intact, la pression osmotique acquerrait bientôt des valeurs élevées, de l'ordre de grandeur de celles déterminées par MAQUENNE **(97-98)** pour des graines en cours de germination (plusieurs atmosphères). La valeur de la turgescence est fonction de la distension de la paroi cellulaire, donc du volume que peut acquérir la cellule. Toute augmentation de la valeur de P ne pouvant en fait se traduire par une augmentation sensible du volume total de l'amande emprisonnée dans une coque d'élasticité très réduite, détermine une augmentation du même ordre de la valeur de G. La formule $P=T+G$ devient $P_1=T+G_1$. les variations de la valeur de T étant très limitées et par conséquent négligeables. Donc $P_1 - P\,G = {}_1 - G$.

La force de gonflement de l'albumen augmenterait ainsi dans de fortes proportions et deviendrait bientôt supérieure à la résistance à l'éclatement R d'une coque de sclérenchyme de 175 μ d'épaisseur. On aurait donc : $G_1 > R$ Le sclérenchyme éclaté, on se retrouverait alors dans le cas d'une graine nue.

La valeur initiale de G ou force de gonflement de l'albumen ne peut être expérimentalement déterminée. Mais elle est nécessairement faible et par conséquent bien inférieure à R. En effet : $G = P - T$. La pression osmotique P d'une cellule quelconque de l'albumen ou de l'embryon, *avant tout phénomène de solubilisation des réserves*, ne peut être élevée et elle doit être, en outre, diminuée de la valeur de la turgescence de la même cellule.

De même, dans la graine presque mûre qui reçoit encore de l'eau de la plante qui la porte, l'amande, dont les cellules sont turgescentes, doit exercer sur ses enveloppes une force comparable à G, par sa nature et par son intensité. Cette force ne fait naturellement pas éclater le sclérenchyme.

Il reste donc en définitive que, dans une graine de *Thesium humile*, la coque de sclérenchyme doit empêcher au moins certains tissus de l'amande d'absorber assez d'eau pour que les phénomènes diastasiques de solubilisation des réserves puissent se produire. Il n'est pas possible de démontrer directement le bien fondé de cette interprétation en opérant avec les graines du *Thesium humile*. Mais elle cadre seule avec un ensemble de faits d'observation ou de résultats expérimentaux qui, par leur variété, valent une preuve directe.

Mathématiquement, tout se ramène à deux formules :

$$G = P - T \quad \text{et} \quad G < R$$

Pour que les graines germent, il faut donc et il suffit — tous les autres facteurs nécessaires étant simultanément réalisés — d'augmenter la valeur de G ou de diminuer celle de R jusqu'à ce que l'on ait : $G > R$.

Effectivement, toutes les interventions qui font germer les graines agissent sur l'un ou l'autre des facteurs de ces deux inégalités.

Les lésions mécaniques des téguments, piqûres ou sections diverses, diminuent naturellement la valeur de R. Il en est de même de la corrosion du sclérenchyme par des substances chimiques, acide chromique notamment. Enfin, l'attaque biologique du sclérenchyme par des champignons diminue aussi la valeur de R. Les espèces qui interviennent dans la nature sont bien connues pour leur action sur les

débris végétaux **(133, 140, 141).** Le simple cheminement du mycélium entre les cellules du sclérenchyme implique d'ailleurs une dissociation de ces cellules et par conséquent une diminution de la cohésion de ce tissu. En raison de leur constitution anatomique particulière, les bandes suivant lesquelles se produit l'éclatement du sclérenchyme peuvent faciliter le passage des filaments mycéliens, bien qu'une telle localisation n'ait pu être mise en évidence.

Les Polyporées lignicoles qui détruisent la lignine diminuent à plus forte raison encore la résistance du sclérenchyme.

En fait, cette diminution de la résistance mécanique des téguments est perceptible chez les graines qui, après trois semaines de séjour dans le sable, en pot, sont envahies par des champignons et prêtes à germer. Ces graines s'écrasent plus facilement que des graines ordinaires qui n'ont pas été soumises à l'action de micro-organismes. Il n'est en particulier pas possible, sans les écraser, d'en enlever le parenchyme chlorophyllien par frottement sur du papier d'émeri.

Au lieu d'agir sur la valeur R, on pourrait essayer d'augmenter G.

$$G = P - T.$$

La valeur de T ne peut être modifiée qu'en agissant sur le volume que peut occuper l'amande ou en modifiant les propriétés mécaniques de la membrane cellulosique de toutes les cellules de l'amande. Ces deux moyens sont pratiquement irréalisables. On ne peut donc penser modifier G qu'en agissant sur la valeur de P.

Il n'est pas possible de solubiliser les réserves de l'albumen en faisant agir des diastases protéolytiques. Les diastases ne traversent pas les membranes cytoplasmiques, si bien que les graines du *Thesium humile* traversent sans dommages le tube digestif du mouton. Il n'est donc pas surprenant que le séjour des graines dans du suc gastrique ou dans un extrait de graines germées de *Thesium humile* ne permette pas la germination de graines à sclérenchyme intact.

1° Des graines de *Thesium humile* stérilisées au sublimé sont immergées dans la « Dyspeptine Hepp » (suc gastrique pharmaceutique) pendant 2 et 4 jours à 20-22° et pendant 4 et 6 jours à 13-14°. On les met ensuite sur coton humide. Aucune ne germe, bien qu'elles soient visiblement toutes en bon état.

2° On prend un grand nombre de graines germées du *Thesium humile*. La radicule des unes est à peine visible. Les plus avancées ont encore le sommet de leurs feuilles cotylédonaires engagé dans l'albumen. Ces graines sont décortiquées et leurs amandes (albumen et feuilles cotylédonaires) broyées au mortier avec du sable fin. On ajoute un petite quantité d'eau et on filtre.

Des graines stérilisées sont immergées 3, 4 ou 5 jours dans ce suc où sont les diastases capables d'agir sur les réserves de l'albumen. Elles sont ensuite mises sur coton humide. Aucune ne germe.

Mais la lumière a une action défavorable sur la germination des graines du *Thesium humile* (voir p. 131). Elle ralentit la germination permettant ainsi l'entrée en jeu des phénomènes d'inhibition, si bien qu'une certaine proportion de graines à sclérenchyme sectionné ne germe pas. Dans de très nombreux essais effectués à la lumière diffuse, en décembre 1932 et janvier 1933, le pourcentage des graines germées a oscillé entre 57 et 75 %. Par une section au rasoir, on enlève une calotte de sclérenchyme plus ou moins grande. Dès que cette section coupe le sommet de la radicule, l'embryon est chassé plus ou moins par l'albumen et, en vingt-quatre heures, fait saillie d'une fraction de millimètre. Les graines présentant cette particularité germent toutes. Ce résultat ne peut pas être attribué à la blessure de la radicule (voir p. 93). Par contre, la résistance mécanique des téguments paraît être en cause. En effet, sa valeur est d'autant plus petite que la calotte de sclérenchyme enlevée par la section est plus grande. Donc, à la lumière, les graines germent d'autant mieux que la valeur de R est plus faible. Comme on admet que la lumière entrave la solubilisation des réserves, en raison de son action nocive sur les phénomènes diastasiques, son intervention se traduit par une diminution de la valeur de P et par conséquent de celle de G. Pour que la graine germe, il faudra que R soit d'autant plus faible que G est lui-même plus affecté par la lumière. Les relations entre les valeurs de G et de R permettent donc de fournir une explication satisfaisante de ce résultat expérimental, sans faire intervenir de nouvelles hypothèses.

GRAINES A ENVELOPPES RESISTANTES

Les graines du *Thesium humile* constituent donc un exemple très précis de graines dans lesquelles la résistance mécanique des enveloppes, en limitant l'absorption de l'eau, s'oppose à la germination.

Beaucoup de graines (fruits ou graines proprement dites) sont entourées par des enveloppes qui doivent opposer au gonflement de l'amande une résistance mécanique au moins égale, souvent bien supérieure, à celle du sclérenchyme des akènes du *Thesium humile* (175 µ d'épaisseur). On sait en effet depuis longtemps que ces enveloppes entravent plus ou moins la germination. Leur rôle a été attribué, tantôt à l'obstacle mécanique qu'elles constituent en s'opposant matériellement à la sortie de l'embryon, tantôt à leur insuffisante perméabilité à l'oxygène ou au gaz carbonique. En l'absence d'une étude

expérimentale précise entreprise à la lumière des faits mis en évidence par l'étude de la germination des graines du *Thesium humile*, il n'est pas permis de conclure que le rôle des téguments doive être le même dans tous les cas. Mais les analogies dans le comportement de toutes ces graines méritent pourtant d'être soulignées.

SCHRIBAUX et NANOT, dès 1882, indiquent que l'épaisseur et la résistance des téguments de certaines graines sont parfois considérables et qu'il faut venir en aide à la nature en cassant les noyaux que l'on veut semer ou, tout simplement, en diminuant leur épaisseur sur une pierre de grès **(123)**. Les ouvrages d'horticulture donnent souvent des conseils similaires. CHAUVAUD **(29)** a montré en 1894 que les graines du *Vitis vinifera* germent en dix jours lorsque, en décortiquant la pointe de leur bec, on supprime l'obstacle qui s'oppose à la sortie de l'embryon. Dans la nature, leur germination demande un mois. Il y a là un parallélisme à noter avec le cas des grains du *Thesium humile*. Les noyaux d'olive se comportent de même (RUBY) (1). Dans des essais effectués à Tunis, les amandes d'Olivier décortiquées germent dans le sable en un mois, alors que la germination des noyaux entiers demande en général un an. Les graines de l'*Osyris alba* décortiquées germent aussi en une dizaine de jours, sur coton humide ou dans du sable, alors que leur germination est normalement très capricieuse. REYCHLER **(118)** insiste sur le même fait à propos des noyaux de Pêcher qui, après dégagement mécanique de l'embryon, germent en huit jours, alors qu'il faut de 120 à 150 jours pour des noyaux intacts.

L'influence que la résistance mécanique des téguments exerce sur la germination a été aussi établie par CROCKER et DAVIS pour les graines d'*Alisma plantago* et par HART pour celles de *Peltandra virginica* et *Celastrus scandens* **(129bis)**.

Mais, si l'existence des graines à téguments coriaces est clairement établie depuis longtemps, la répercussion de cette résistance sur l'absorption de l'eau et le mécanisme de la germination de ces graines dans la nature ne semble pas avoir donné lieu à des investigations précises. Le Traité de Botanique de HOLMAN et ROBBINS **(72)** mentionne pourtant que « l'exposition de telles semences au gel et au dégel et l'action des organismes du sol amollissent progressivement les enveloppes et rendent leur germination possible ». Mais cette phrase semble traduire une vue logique de l'esprit plutôt que des résultats définis expérimentalement. L'étude de la germination des graines du *Thesium humile* constitue donc le premier exemple précis et rigoureusement établi de l'action nécessaire des micro-organismes du sol sur les

---

(1) RUBY (J.) — Recherches morphologiques et biologiques sur l'Olivier, Thèse, 286 p., 86 fig., Paris 1918.

téguments des graines. De simples variations de température ne sont pas suffisantes. Il est vraisemblable qu'il s'agit d'un phénomène à portée assez générale. Des observations préliminaires ont montré en effet que la coque des noyaux d'olive prêts à germer est infiltrée de filaments mycéliens que l'on retrouve jusque dans les téguments propres de la graine. La corrosion biologique de cette coque est donc indéniable. Elle est certainement la condition *sine qua non* de la germination.

A côté des graines à la germination de laquelle la résistance mécanique des téguments fait obstacle, il en existe beaucoup d'autres dans lesquelles les téguments jouent un rôle important que l'on interprète d'une façon toute différente. Ce sont, comme les précédentes, des graines à téguments perméables à l'eau dont la germination est rendue possible ou est seulement favorisée par des lésions mécaniques ou par la corrosion chimique de ces téguments. Elles ont été l'objet de nombreuses recherches, et récemment AXENTJEV **(1)** a consacré à beaucoup d'entre elles un travail important plein de données expérimentales. Pour cet auteur, l'action des téguments réside dans l'obstacle qu'ils opposent au passage de l'oxygène. D'autres expérimentateurs (SPEATH, **129**bis, donne une analyse succincte de la question) font intervenir l'accumulation du gaz carbonique dans la graine, sa diffusion à l'extérieur étant ralentie par les téguments. Cet obstacle que les téguments opposent au passage des gaz ne peut être invoqué pour les graines du *Thesium humile* (voir p. 115). Pourtant, beaucoup de graines des autres espèces réagissent à la lumière de la même façon que celles du *Thesium humile* et présentent avec ces dernières des analogies multiples et étroites. Enfin, les résultats expérimentaux obtenus par AXENTJEV **(1)**, que cet auteur explique en faisant intervenir les besoins de l'embryon en oxygène, peuvent être interprétés en partant de l'hypothèse que, comme pour les graines du *Thesium humile*, les téguments limitent l'absorption de l'eau par l'amande au-dessous du minimum nécessaire à la germination. Cette hypothèse se traduit par les deux relations mathématiques simples précédemment établies : $G=P-T$ et $G < R$.

L'attaque mécanique ou chimique des téguments, en diminuant la valeur de R, permet donc la germination. Quant à la lumière, elle agit sur la valeur de P et modifie ainsi celle de G. Sans influer sur R, elle modifie nécessairement les valeurs relatives de G et de R aussi sûrement qu'elle intervient sur les besoins des graines en oxygène, processus seul retenu par AXENTJEV.

Enfin, la valeur de P, donc celle de G, est modifiée certainement aussi par la teneur en oxygène de l'atmosphère. Si G devient ainsi plus grand que R, la graine germe. Sinon, elle ne germe pas mieux

dans l'oxygène que dans l'air, et c'est ce qui se produit avec les graines du *Thesium humile*. Rien ne permet donc de rejeter l'hypothèse précédente dont l'application serait ainsi très vaste; elle mérite dans ces conditions de devenir une hypothèse de travail susceptible de guider de nouvelles recherches.

On peut dans tous les cas admettre dès à présent que, partout où la résistance des téguments constitue un obstacle à la germination, les micro-organismes saprophytes du sol doivent intervenir de la même manière que dans l'évolution des graines du *Thesium humile*. On entrevoit ainsi que la pulpe des drupes peut jouer un rôle biologique imprévu, en servant de premier aliment aux champignons qui ne pourraient pénétrer d'emblée dans le sclérenchyme **(24)**. Dans les graines du *Thesium humile*, ce rôle est dévolu au parenchyme chlorophyllien, qui, au point de vue morphologique, équivaut à la pulpe des drupes des autres Santalacées (voir p. 104 et courbes 7 et 8 du Graphique 1, page 104). Toute matière organique peut d'ailleurs remplacer à ce point de vue le parenchyme chlorophyllien, dont la présence est utile, mais non indispensable. Ainsi, les graines germent un peu mieux dans le terreau que dans le sable.

Quant aux graines à téguments imperméables que l'on qualifie de « graines dures », elles ont des téguments qui résistent aux champignons attaquant le sclérenchyme des graines du *Thesium humile*. Des graines de *Medicago ciliaris*, par exemple, sont restées « dures » après avoir séjourné plusieurs mois dans une culture très vigoureuse d'*Alternaria tenuis* sur milieu gélosé. Des variations brusques de température semblent par contre capables de provoquer la formation dans les téguments de fêlures microscopiques par où passera l'eau. Des phénomènes physiques plutôt que biologiques permettraient donc leur germination *in vivo*.

VIE LATENTE DES GRAINES

INHIBITION PRIMAIRE

Les graines du *Thesium humile* sont des « graines fraîches » dont la maturité physiologique n'est atteinte qu'un certain temps après la maturité apparente. Au moment où elles se détachent de la plante, elles sont en état d'inhibition primaire.

Des graines sont récoltées le 5 mai 1934 sur des plantes encore vertes. Elles sont toutes en bon état apparent. Séchées au soleil pendant 4 jours, elles sont stérilisées, puis placées sur du coton ou dans du sable humides, à la température de 18°, après section de la calotte stylaire. Aucune ne germe. Dans les mêmes conditions, des graines récoltées l'année précédente germent à 100 % en 10 jours.

Le temps pendant lequel des graines morphologiquement mûres restent incapables de germer n'a pas été déterminé avec précision. Il n'excède pas cinq mois. Que les graines passent l'été en flacon à la température du laboratoire ou qu'elles restent dans les champs, elles sont toutes susceptibles de germer à partir du mois de novembre, dès que la température est devenue favorable. La faculté germinative des graines employées dans l'essai précédent était en effet de 100 % au mois de novembre 1934.

DUREE DE CONSERVATION

Plusieurs auteurs, dont HEINRICHER **(55, 58)**, ont supposé que les graines de *Thesium*, *sèches*, conservées en flacon, perdaient rapidement leur faculté germinative. Il n'en est rien avec les graines du *Thesium humile* qui, au laboratoire, peuvent se conserver au moins trois ans.

Au mois de décembre 1934, dans des conditions identiques (graines stérilisées, à téguments sectionnés au rasoir, mises sur coton humide à la température de 16°), la faculté germinative de graines d'âges différents est la suivante :

Graines récoltées en mai		1934	100 %
—	—	1933	100 %
—	—	1932	90 %
—	—	1931	25 %

La faculté que possèdent les graines du *Thesium humile* de conserver en milieu sec leur faculté germinative pendant plusieurs années apparaît comme un caractère d'adaptation à la région méditerranéenne dont seraient dépourvues les espèces européennes telles que le *T. rostratum* étudié par HEINRICHER. Cette faculté est en effet une condition *sine qua non* de survie de l'espèce, puisque ses graines mûrissent au début d'une période chaude et sèche et restent, de mai à novembre, dans les couches superficielles du sol.

En présence d'eau, en milieu aseptique pour éviter l'intervention secondaire des micro-organismes, les graines du *Thesium humile* conservent leur faculté germinative pendant un an au minimum, durée des essais les plus longs.

Le 15 octobre 1931, des graines stérilisées au sublimé sont mises sur coton humide. 4, restées aseptiques, sont conservées ainsi jusqu'au 8 novembre 1932. A cette date, le coton était encore légèrement humide, bien que toute l'eau que renfermait le réservoir du

tube de culture à pomme de terre se fût évaporée. Elles sont mises dans du sable, en pot. 3 sur 4 germent dans le courant de l'hiver.

Le 17 décembre 1931, des graines sont rendues aseptiques par frottement sur du papier d'émeri puis dans du sable (voir p. 84). Elles sont mises sur coton humide jusqu'au 29 janvier, puis, à partir de cette date, 3 d'entre elles sont placées dans un tube de verre dont l'extrémité est façonnée pour les recevoir (p. 85, en d) et maintenues ainsi à la surface de l'eau jusqu'au 8 novembre 1932. Mises à ce moment dans du sable, en pot, 2 sur 3 germent dans le courant de l'hiver.

Dans d'autres essais similaires, les résultats sont semblables, mais la proportion des graines qui ont conservé leur faculté germinative est souvent plus faible.

La durée pendant laquelle les graines du *Thesium humile* conservent leur faculté germinative en présence d'eau, mais en milieu aseptique, est donc beaucoup plus longue que celle qu'avait déterminée COUPIN **(37)** pour des graines d'autres espèces conservées dans l'eau, en milieu septique. Elle était en effet de cinq mois au maximum pour les graines de Betterave. Dans les essais de COUPIN, il semble donc que les micro-organismes aient joué un rôle dans la perte rapide de la faculté germinative.

INHIBITION SECONDAIRE

Les graines physiologiquement mûres qui ont séjourné un certain temps en milieu humide sans germer sont devenues semblables à des graines « fraîches ». Elles sont en effet incapables de germer, même si l'ensemble des conditions qui permettent normalement la germination sont alors réalisées. Leur faculté germinative est pourtant intacte; on peut en effet en obtenir ultérieurement la germination. Ce phénomène d'inhibition secondaire n'est pas particulier aux graines du *Thesium humile*. Il a été en particulier bien mis en évidence par CROCKER (voir **129**^{bis}) sous le nom de « Secondary dormancy ». Il est impossible de traduire littéralement cette expression en français; car pour nous une graine est dite à l'état dormant durant toute sa phase de vie latente, quelles que soient les causes qui empêchent la germination (absence d'eau, d'oxygène, imperméabilité des téguments, maturité physiologique incomplète, etc...).

Cet état d'inhibition de l'embryon à la suite d'un séjour prolongé des graines à l'humidité, dans des conditions telles que leur germination ne soit pas possible, apparaît dans un très grand nombre d'essais dont quelques-uns seulement, tout à fait démonstratifs, ont été retenus dans le tableau suivant :

TABLEAU 11

INFLUENCE DU SEJOUR A L'HUMIDITE

Durée du séjour à l'humidité avant la section du sclérenchyme	Nombre de graines par essai	Nombre de graines germées
0	10	10 (en 10 jours)
16	8	1 (en 20 jours)
22	6	2 id.
34	8	1 id.

Bien qu'il ne porte pas sur toutes les graines à la fois, ce phénomène d'inhibition est très net. Les différences individuelles qui se manifestent ici disparaissent lorsque le séjour à l'humidité est beaucoup plus long.

On obtient le même résultat lorsque c'est la lumière qui s'oppose à la germination.

Le 28 janvier 1934, 11 graines stérilisées sont mises sur coton humide, après section des téguments; une seule germe. Les 10 qui restent sont mises à l'obscurité le 20 février 1934, après 23 jours de séjour sur coton humide. Aucune ne germe. Des graines sèches et sectionnées, mises en même temps sur coton humide à l'obscurité, germent toutes en 10 jours.

Ces mêmes phénomènes d'inhibition secondaire qui se manifestent *in vitro* jouent un rôle très important *in vivo*. Dans les champs et dans les essais effectués en pot, les graines qui n'ont pas germé au cours de l'hiver sont en état d'inhibition et ne germent pas, même si toutes les conditions nécessaires sont réalisées. En mars ou avril, on peut, par tamisage, extraire, des parties du sol riches en *Thesium*, des graines en bon état apparent. De même, dans les essais en pot, il reste à la fin de la première année un certain nombre de graines qui n'ont pas germé. Le pourcentage peut en atteindre 70 % (série 6, courbe 6). Il oscille entre 15 et 20 % dans le sable; il est de 5 % dans le terreau. Il s'agit pourtant de graines placées dans les conditions de milieu optima. Toutes — ou presque — ont leurs téguments infiltrés de filaments mycéliens qui forment un réseau très net à la surface de leur albumen.

Le 20 mars 1934, 19 graines non germées de la série 6 (voir p. 99) sont stérilisées au sublimé. Leurs téguments sont sectionnés au rasoir; les unes sont mises sur coton humide en tube, les autres sur papier buvard humide sous cloche. Aucune ne germe. Des graines conservées jusque-là à sec et placées dans les mêmes conditions

germent à 100 % en 10 jours. Pourtant, ces graines qui ne germent pas ont conservé leur faculté germinative. 8 sont en effet gardées sur coton humide, en tube, pendant tout l'été. 4 germent sans autre intervention, en novembre 1934, le coton étant encore un peu humide.

Une courte période de dessiccation est insuffisante pour faire cesser cet état d'inhibition.

Le 20 mars 1934, 17 graines de la série 6 sont mises 8 jours à l'étuve à 40° en atmosphère sèche. Les 29 mars 1934, elles sont placées sur coton humide, sans section préalable des téguments. Aucune ne germe. Conservées ainsi pendant tout l'été, 6 germent spontanément en novembre 1934 et 3 en décembre. 9 sur 17 ont donc germé après un séjour de plus de 7 mois en milieu humide, mais à température élevée pendant l'été.

L'état d'inhibition acquis à la suite d'un séjour de vingt-deux jours en milieu humide ne varie pas de façon appréciable si l'on soumet les graines à une dessiccation de douze jours.

6 graines identiques à celles du tableau 11 (p. 126), qui ont séjourné 22 jours à l'humidité, sont mises dans des tubes de verre placés dans des ballons dont le fond renferme du chlorure de calcium desséché. Ces ballons sont laissés 12 jours à l'obscurité, à la température de 20-22°. Les graines sont ensuite mises sur coton humide, en tube, après section de leurs téguments. 3 sur 6 seulement germent en 20 jours, au lieu de 2 sur 6 dans le lot qui n'a pas subi de dessiccation. La différence n'est pas significative. Mais il est possible qu'un séjour beaucoup plus long en milieu sec soit suffisant pour faire cesser cet état d'inhibition secondaire, comme il fait cesser l'état d'inhibition primaire des graines « fraîches ». Ces deux phénomènes sont en effet comparables et paraissent tenir aux mêmes causes.

Un séjour prolongé à l'humidité, à température élevée, loin de produire cet état d'inhibition, le fait disparaître. Dans les essais précédents, les graines restées sur coton humide pendant tout l'été ont en effet germé spontanément à l'automne, dès que la température est devenue favorable.

De même l'état d'inhibition ne s'acquiert pas lorsque les graines séjournent en milieu humide, à température trop élevée pour qu'elles puissent germer. Lorsqu'elles sont ensuite placées au-dessous de 18°, elles germent en proportion presque aussi élevée que des graines ordinaires, mais de façon plus échelonnée.

A partir du mois d'octobre 1934, des lots successifs de graines à

calotte stylaire sectionnée sont placés sur coton humide à l'obscurité. La température maximum de germination étant de 18°, les graines des premiers lots ne germent pas. La température ambiante oscille en effet autour de 22-24° et ne tombe au-dessous de 18° qu'après le 15 novembre. La germination des graines des différents lots se produit alors de la façon suivante :

TABLEAU 12

ACTION COMBINEE DE LA TEMPERATURE ET DE L'HUMIDITE

Durée d'exposition à une température supérieure à 18°	Nombre de graines par essai	Graines germées après un séjour à une temp. inf. à 18°, de :		Graines germées Total %
		10 jours	15 jours	
—	—	—	—	—
45 jours	12	6	11	92
25 »	10	1	6	60
9 »	11	9	9	82
0 »	12	12	12	100

Enfin, l'inhibition cesse tout à fait pendant l'été pour les graines qui restent dans le sable ou dans la terre.

Les graines de la série 9 (voir p. 99) qui, en mars 1934, étaient toutes en état d'inhibition, comme l'établissent les essais précédents effectués avec des graines identiques de la série 6 (p. 126), ont toutes germé dans le sable, à l'air libre (Tableau 13 et Graphique I, courbes 9' et 9_a).

En mars 1934, l'un des cinq pots de la série 9 est examiné pour s'assurer que les graines qui n'ont pas germé sont en bon état. Dans ce pot, 29 graines ont germé au cours de l'hiver 1933-34. Il reste 9 graines viables. Les 12 autres (29 + 9 + 12 = 50) sont mauvaises. Pour permettre de tracer les courbes 9' et 9_a on a supposé que les graines du pot enlevé auraient germé au même rythme que celles des quatre pots conservés.

Mazé (**98**[bis]) a démontré que, dans les graines fraîches de Maïs, la présence de traces d'aldéhyde éthylique s'oppose au développement de l'embryon. Une cause de même nature peut être incriminée pour les graines du *Thesium humile*. Elle serait aussi bien responsable de l'inhibition primaire des graines qui viennent de mûrir que de l'inhibition secondaire des graines après séjour prolongé à l'humidité, à

TABLEAU 13

GERMINATION DES GRAINES APRES UN AN DE SEJOUR DANS LE SABLE

(Série 9 — Automne 1934)

	Graines germées depuis le début de l'essai (Novembre 1933 - courbe 9')		Graines germées depuis le 1er Novembre 1934 (Courbe 9a)	
	Total	%	Total	%
1er novembre 1934	123	69	2	4
8 —	128	72	7	12
9 —	130	73	9	15
12 —	134	75	13	22
16 —	136	76	15	26
21 —	143	80	22	38
24 —	148	83	27	48
28 —	151	84	30	52
30 —	160	89	39	67
3 décembre 1934	163	91	42	72
5 —	164	92	43	76
7 —	170	95	49	84
8 —	171	95	50	86
10 —	175	98	54	93
13 —	179	100	58	100

des températures favorables à la germination. Dans ce dernier cas, la substance chimique qui s'oppose au développement de l'embryon apparaît nettement comme un produit de la respiration. Au-dessous de 20°, elle s'accumule en effet dans la graine qui a absorbé de l'eau et dont la respiration est devenue beaucoup plus active. Mais elle ne se forme pas, et elle est même détruite, lorsque la température dépasse 20°. Elle se rapproche par là des acides organiques qui s'accumulent dans les fruits à basse température et qui sont brûlés à température plus élevée. Cette action de la température sur les phénomènes d'inhibition est donc intéressante par les rapprochements qu'elle permet de faire sur la nature chimique des substances qui exercent sur l'embryon une action inhibitrice. La parenté chimique entre aldéhydes et acides organiques est suffisamment étroite pour que ces constatations se relient directement aux expériences de MAZÉ sur le Maïs.

L'influence de la température implique que les phénomènes d'inhibition dont les graines du *Thesium humile* sont le siège ne peuvent pas être attribués à l'accumulation du gaz carbonique dans l'amande.

Par contre, alors que des moisissures se développant autour des graines de Maïs encore vertes détruisent l'aldéhyde éthylique et permettent le développement immédiat de l'embryon, les champignons qui attaquent les téguments des graines du *Thesium humile* n'ont pas le même pouvoir (voir p. 116).

Ces phénomènes d'inhibition permettent de comprendre que des graines dont les téguments sont envahis par des champignons ne germent pas nécessairement. Lorsque des graines sont mises dans du sable, celles dont les téguments sont corrodés par des champignons avant que le développement de l'embryon ne soit inhibé par les produits de la respiration, germent seules. Celles qui sont tardivement contaminées et celles qui sont la proie d'espèces de champignons peu actives ne germent pas, par suite de l'entrée en jeu des phénomènes d'inhibition. La résistance de leurs enveloppes n'est plus en cause. Ces graines ne germent plus en effet après section de leurs téguments (voir p. 116); elles germent par contre sans autre intervention à l'automne suivant (voir p. 117), lorsque l'état d'inhibition de l'embryon a disparu.

Le phénomène est donc complexe. C'est tout d'abord la résistance des téguments qui s'oppose à la germination des graines. Peu à peu, les téguments étant corrodés, les phénomènes d'inhibition secondaire interviennent à leur tour. Ainsi s'explique que les essais de germination dans du sable, en pot, aient pu donner des pourcentages finals si variables suivant la richesse initiale du milieu en germes de micro-organismes (séries 1 à 9, p. 98, et Graphique 1, courbes 1 à 9). En l'absence de tout phénomène d'inhibition, seule la vitesse de germination aurait varié, puisque, en mars, toutes les graines — ou presque — sont infectées par des champignons. Mais, par le jeu combiné de la résistance des téguments et des phénomènes d'inhibition, les graines de la série stérile 6 ne germent qu'en faible proportion. En effet, elles ne sont pour la plupart contaminées par des champignons qu'après un certain temps de séjour dans le sable humide.

Aussi, les graines du *Thesium humile* se comportent de façon différente suivant que leurs téguments sont déjà corrodés par des champignons ou ne le sont pas encore. C'est ce que démontre bien la marche de la germination des graines de la série 9 au cours de la première et de la deuxième années de leur séjour dans le sable. La première année, la courbe qui traduit la marche de la germination devient peu à peu horizontale (courbe 9); 68 % seulement des graines

germent. La deuxième année, la courbe se rapproche de la ligne droite et toutes les graines germent (courbe 9_a).

Enfin, ces phénomènes d'inhibition apparaissent, au point de vue biologique, comme un caractère excessivement précis d'adaptation de l'espèce au climat méditerranéen. A cause d'eux, dans les champs, les germinations du *Thesium humile* se ralentissent à partir du mois de février et cessent complètement au mois de mars, à un moment où la température du sol est encore favorable. Mais, en raison de la sécheresse estivale précoce, les plantes nées à la fin de l'hiver auraient beaucoup de chances de mourir avant d'avoir grainé. Un mécanisme spécial s'oppose à leur naissance et réserve les graines pour l'automne suivant, augmentant ainsi les chances de conservation de l'espèce.

INFLUENCES DIVERSES

LUMIERE

La lumière exerce une action défavorable sur la germination des graines du *Thesium humile*, alors que, d'après Kinzel **(80)**, elle favorise au contraire celle des graines du *T. rostratum*. Cette action se traduit soit par un simple retard, soit par un empêchement complet. Elle dépend de l'âge des graines, de l'intensité de la lumière et de la nature des radiations lumineuses. Enfin, elle est d'autant plus marquée que les graines sont plus âgées.

TABLEAU 14

ACTION DE LA LUMIERE SUIVANT L'AGE DES GRAINES

Nature des graines Essais en novembre 1934	Nombre	Germées après 8 j.	11 j.	17 j.	Total p. 100
—	—	—	—	—	—
Récolte 1934 - Obscurité	10	10	»	»	100
» - Lumière diffuse	10	0	2	10	100
Récolte 1933 - Obscurité	7	6	6	7	100
» - Lumière diffuse	10	0	0	3	30

Les graines de la récolte 1934, restées de mai à novembre à l'obscurité, germent à la lumière diffuse avec un retard de neuf jours, mais elles germent encore toutes.

Avec celles de la récolte 1933 conservées pendant dix-huit mois, partie à l'obscurité, partie à la lumière diffuse d'intensité très faible

(leur parenchyme chlorophyllien est jaune), le retard est aussi accusé et, en outre, le pourcentage final de germination reste faible. La différence de couleur du parenchyme chlorophyllien est peut-être la seule cause de cette différence (voir ci-dessous).

Le Tableau 12 (p. 128) montre que des graines ayant séjourné à l'obscurité sur du coton humide pendant quarante-cinq jours, à une température supérieure à 18°, germent encore à 92 % en quinze jours à partir du moment où la température est devenue favorable. Dans une série parallèle restée à la lumière, tous les autres facteurs étant les mêmes, une seule graine sur douze germe au bout de vingt-cinq jours (8 %).

L'action de la lumière est d'autant plus accusée que son intensité est plus forte. Une lumière trop faible ou d'intensité normale, mais agissant de façon discontinue pendant un temps très court, reste sans action notable.

Le 20 février 1934, 3 lots identiques de 10 graines à téguments sectionnés sont mis, l'un à l'obscurité complète (dans du papier noir et dans un placard), l'autre dans un placard sans précautions spéciales (si bien que la lumière filtre à travers les joints des portes), le troisième dans un autre placard identique qui est ouvert pendant quelques minutes chaque jour. Dans chacun des lots, toutes les graines étaient germées le 12me jour.

Si les graines placées à la lumière diffuse du laboratoire sont soumises à l'action directe des rayons solaires, ne fut-ce qu'une heure certains jours, le retard est beaucoup plus accusé et le pourcentage final beaucoup plus faible que si les graines restent toujours à la lumière diffuse. Avec des graines de l'année, le pourcentage des graines germées après 21 jours est de 18 %; il est de 100 % à la lumière diffuse en 17 jours et de 100 % à l'obscurité en 8 jours.

L'action de la lumière est également influencée par la couleur des téguments ainsi que par la présence ou l'absence du parenchyme chlorophyllien (Tableau 15).

Les essais de 1933 ont été effectués avec des graines du même lot, récoltées en mai 1932 et conservées jusqu'en février 1933 (date des essais) dans des tubes rangés dans une boîte de carton, à une intensité lumineuse très faible. Les unes sont stérilisées au sublimé et sectionnées (parenchyme vert), les autres sont privées de leur parenchyme chlorophyllien par frottement sur du papier d'émeri, puis sectionnées.

Les essais de 1935 ont mis en œuvre des graines de même origine, récoltées en mai 1934 et conservées dans des tubes rangés dans un placard, à l'obscurité presque complète. Un premier lot est resté à

TABLEAU 15

ACTION DE LA LUMIÈRE SUIVANT L'ÉTAT DES TÉGUMENTS

Etat des graines	Nombre	Germées après (jours) 9	11	13	15	20	Total p. 100
Obscurité							
Parenchyme jaune (1935)	10	10	»	»	»	»	100
Sans parenchyme (1935)	10	5	7	8	»	»	80
Lumière diffuse							
Parenchyme vert (1933)	11	0	0	0	4	6	54
— — (1935)	10	0	0	1	3	7	70
— jaune (1935)	10	0	0	2	2	4	40
Sans parenchyme (1933)	22	0	0	0	1	3	14
— — (1935)	10	0	0	1	1	1	10

l'obscurité jusqu'au moment des essais (février 1935). Un deuxième lot a été mis à la lumière diffuse du 16 décembre 1934 au 7 février 1935, soit un peu moins de deux mois. Les graines du premier lot ont gardé leur parenchyme chlorophyllien vert. La lumière a détruit la chlorophylle des graines du deuxième lot, dont les téguments sont devenus jaunâtres. Les graines du premier lot sont, les unes stérilisées telles quelles au sublimé (parenchyme vert), les autres privées de leur parenchyme chlorophyllien par frottement sur du papier d'émeri puis stérilisées au sublimé comme les précédentes (sans parenchyme). Les graines du deuxième lot ont été stérilisées telles quelles au sublimé (parenchyme jaune).

Le tableau 15 confirme d'abord les chiffres du tableau 14. Il montre ensuite que, à la lumière diffuse, ce sont les graines entourées par leur parenchyme chlorophyllien encore vert qui germent le mieux (54 % en 1933, 70 % en 1934). Lorsque la chlorophylle du parenchyme a été détruite par la lumière, le pourcentage de germination diminue (40 %). Il ne s'agit pourtant pas d'une action lente de la lumière sur l'embryon dans la graine encore sèche. En effet, les graines conservées à l'obscurité et débarrassées de leur parenchyme chlorophyllien germent encore plus mal (14 et 10 %). Le parenchyme chlorophyllien constitue donc un écran qui intercepte les rayons lumineux et protège l'amande. Il agit à la fois sur l'intensité lumineuse totale et sur la nature des radiations lumineuses qui parviennent jusqu'aux cellules vivantes. Les radiations absorbées par la chlorophylle semblent particulièrement actives. Mais ces essais ne donnent que des indications trop superficielles sur l'influence comparée des diverses radiations lumineuses.

L'action de la lumière doit être interprétée en liaison avec les phénomènes d'inhibition précédemment étudiés. Par elle-même, elle n'apporterait qu'un simple retard dans la germination. Mais, en raison de ce retard, elle permet l'intervention des phénomènes d'inhibition. Une certaine proportion des graines ne germent plus, d'autant plus importante que le retard dû à la lumière est plus grand. Cette interprétation, rigoureusement d'accord avec les faits, permet de comprendre le cas si curieux des graines que KINZEL (**77** à **81**) qualifie de « lichtharte Samen » (graines devenues « dures », c'est-à-dire incapables de germer, après avoir été soumises à l'action de la lumière en milieu humide; voir surtout **77**). Dans tous les essais effectués avec le *Thesium humile*, les graines qui ne germaient pas à la lumière, tout en ayant conservé leur faculté germinative, avaient perdu le pouvoir de germer à l'obscurité (voir p. 126). Elles auraient donc pu être qualifiées de « lichtharte Samen », suivant la terminologie de KINZEL. Il s'agit en réalité d'un phénomène d'inhibition secondaire qui s'est manifesté à la faveur de l'action retardatrice de la lumière.

Comme AXENTJEV (**1**) l'a montré, la lumière agit certainement sur les phénomènes physico-chimiques qui se passent dans les cellules vivantes de l'amande. Les diastases notamment sont détruites par la lumière. Mais le rôle de cette dernière est complexe, puisqu'il est favorable, défavorable ou indifférent, suivant la nature des graines. En modifiant la valeur de la pression osmotique du suc cellulaire dans un sens ou dans un autre, la lumière peut avoir des effets très variables suivant l'état des téguments de la graine, c'est-à-dire suivant la résistance R que ces téguments opposent au gonflement de l'amande. Beaucoup de particularités dans l'action de la lumière suivant l'état des téguments peuvent s'interpréter de cette façon (p. 120).

TEMPERATURE

Les graines du *Thesium humile* ne germent qu'entre des limites de température relativement étroites et, fait remarquable pour une plante de la région méditerranéenne, la limite supérieure est située au voisinage de 20° seulement.

Le 4 octobre 1934, on met à l'obscurité, sur coton humide, des graines à téguments sectionnés. La température oscille d'abord autour de 26°. Elle s'abaisse lentement, mais elle est encore de 20° après 1 mois. Elle varie entre 17 et 20° du 12 au 19 novembre 1934, pour ne s'abaisser enfin au-dessous de 18° qu'à partir du 19 novembre 1934. La germination commence 10 jours après (voir Tableau 12, page 128).

Le 10 novembre 1934, la température comprise entre 17 et 20° ne

permet pas encore la germination en 10 jours des graines mises à ce moment sur coton humide. Les graines de ce deuxième lot attendent aussi pour germer que la température ne dépasse pas 18°.

Le 29 novembre 1934, on met à l'obscurité deux lots de 10 graines à téguments sectionnés, l'un à la température de 15-16°, l'autre à 20-22°. Toutes celles du premier lot germent en 10 jours. Aucune ne germe dans le second.

Dans ces essais effectués *in vitro*, avec des graines à sclérenchyme sectionné, la limite supérieure est donc de l'ordre de 18°. Mais, dans la nature, on observe des germinations à des températures moyennes légèrement plus élevées. Ainsi, à l'automne 1934, les premières plantules des graines du lot 9 qui ont passé l'été dans le sable apparaissent le 1er novembre (Graphique 1, courbes 9' et 9a). Elles dérivent donc de graines qui ont germé vers le 22 octobre, alors que la température moyenne était encore de l'ordre de 20° et que des graines à téguments sectionnés ne germaient pas encore *in vitro*.

De telles différences ne sont pas surprenantes si l'on pense que la température agit de façons diverses sur beaucoup de facteurs à la fois et qu'on en observe seulement la résultante. La valeur de la résistance mécanique des téguments, qui est certainement plus faible dans des graines envahies par des champignons depuis près d'un an, que dans des graines à sclérenchyme sectionné suivant la calotte stylaire, est de nature à expliquer cette différence, en faisant intervenir, comme pour la lumière, la valeur P de la pression osmotique des cellules.

Un maximum aussi faible, surprenant au premier abord, témoigne en réalité d'une remarquable adaptation au climat méditerranéen, puisqu'il ne permet pas les germinations à la suite des pluies orageuses de l'automne, auxquelles font souvent suite des périodes de sécheresse qui seraient funestes aux jeunes plantules. Les germina-

TABLEAU 16

INFLUENCE DE LA TEMPERATURE

Température	Nombre de graines	Germées après (jours) 7	10	12	14	16	18
20-22°	10	0	0	0	0	0	0
16°	10	10					
14-16°	10	8	10				
10-12°	18	0	0	5	14	17	18

tions ne peuvent commencer qu'au début du mois de novembre, alors que le sol est déjà bien imbibé d'eau et que les pluies hivernales entretiendront cette humidité.

La limite minimum n'a pas été exactement déterminée. A 10-12°, *in vitro*, des graines à téguments sectionnés germent encore à 100 %, mais de façon beaucoup plus lente (Tableau 16). D'autre part, dans les champs, en Tunisie, les graines germent pendant tout l'hiver, la température étant toujours suffisante.

PROFONDEUR D'ENFOUISSEMENT

La profondeur à laquelle sont enfouies les graines joue un rôle très important. Dans les essais effectués en pot, avec du sable ou avec du terreau, les graines ont été enterrées à 3 ou 4 cm. C'est la profondeur optimum. Des germinations peuvent s'observer en surface, mais elles sont rares, en raison de l'action défavorable de la lumière. Des graines enfouies à 10 cm. de profondeur germent encore, mais en plus faible proportion; on se trouve au voisinage de la limite inférieure.

D'après la forme des plantules, on peut déterminer la profondeur à laquelle étaient enterrées les graines qui leur ont donné naissance. La jonction entre la racine et l'axe hypocotylé, marquée par un brusque changement de diamètre, se produit en effet juste au niveau de la graine (Pl. I, fig. 1). La longueur de la partie souterraine blanche de l'axe hypocotylé des plantules qui poussent spontanément dans les champs permet donc de connaître très exactement la répartition en profondeur des graines qui ont donné ces plantules. De nombreuses observations ont montré que les graines qui germent dans la terre, en pleins champs, sont réparties entre 1 et 8 cm. de profondeur. On trouve rarement quelques plantules d'origine plus superficielle; elles conservent alors, au sommet de leurs cotylédons dressés, la coque de la graine, qui n'était pas suffisamment adhérente au sol pour que les cotylédons s'en dégagent. Dans les terres légères, quelques plantules ont une origine plus profonde (10 cm.).

Cependant les graines sont réparties par les labours dans une couche de 15 à 20 cm. de terre. L'absence de plantules nées à plus de 10 cm. de profondeur ne tient pas à ce que les plantules des graines trop enterrées, empêchées de se frayer un passage jusqu'à la surface du sol, dépérissent après avoir épuisé les matières de réserve de l'albumen. Les graines trop enterrées ne germent réellement pas, comme l'indiquent sans erreur possible les observations en pleins champs et les essais en pot. Ce phénomène est d'ailleurs très général. On le retrouve pour toutes les graines des plantes spontanées qui constituent les mauvaises herbes des cultures. La limite inférieure

varie seulement avec les espèces; elle est d'autant plus superficielle que les graines sont plus petites.

Pour expliquer ce phénomène, on fait intervenir la répartition de l'oxygène et du gaz carbonique dans le sol suivant la profondeur. Les graines ne germeraient pas au-dessous d'un certain niveau par suite d'une richesse de l'atmosphère du sol insuffisante en oxygène ou trop élevée en gaz carbonique. Cette hypothèse, très vraisemblable, n'a donné lieu à aucune vérification expérimentale dans le cas du *Thesium humile*.

EVOLUTION

Les plantules du *Thesium humile* apparaissent dans les champs à partir de novembre, mais les levées les plus importantes s'observent dans le courant de décembre et au début de janvier, à la suite des périodes pluvieuses qui, dans la région méditerranéenne, marquent cette époque de l'année. Quelques plantules continuent encore à sortir fin janvier et courant février, puis les germinations cessent complètement. Cette germination exclusivement hivernale s'explique facilement : la température trop élevée empêche les germinations jusqu'en novembre; les phénomènes d'inhibition les ralentissent dès février et les arrêtent complètement à partir du mois de mars.

Le gonflement de l'albumen fait éclater la coque de sclérenchyme suivant les trois lignes saillantes qui partent du sommet stylaire du fruit (Pl. XIV, fig. 2). En se dégageant, la radicule déchire l'albumen qui forme tout autour une sorte de collerette. Puis l'axe hypocotylé s'allonge rapidement, recourbé en épingle à cheveux à son sommet (Pl. XIV, fig. 1). Les cotylédons s'allongent aussi, leur extrémité seule restant engagée dans l'albumen, qui est progressivement digéré. Lorsqu'ils ont atteint une vingtaine de millimètres de long, ils sont finalement tirés hors des enveloppes de la graine par l'axe hypocotylé dont la croissance continue et ils sont ainsi amenés à la surface du sol. Dès qu'ils sont dégagés, ils se redressent, verdissent et forment les feuilles cotylédonaires (Pl. I, fig. 1 et Pl. II, fig. 1).

La germination des graines du *Thesium humile* est donc épigée. Ce n'est pas un caractère constant dans la famille des Santalacées. Les graines de l'*Osyris alba* par ex. sont à germination hypogée. Les cotylédons s'allongent juste assez pour libérer la gemmule et lui permettre de se développer en dehors de l'albumen.

Il s'écoule de huit à dix jours entre la sortie de la radicule et l'apparition des feuilles cotylédonaires à la surface du sol. Par temps froid, la phase souterraine du développement des plantules dure plus long-

temps, surtout si une croûte s'est formée à la surface du sol. Beaucoup de levées tardives n'ont pas d'autres causes.

La jeune plante reste longtemps réduite à ses deux feuilles cotylédonaires dressées (Pl. II, fig. 1). Seul le système radiculaire s'accroît rapidement dès le début. La racine principale s'allonge beaucoup et se ramifie (Pl. I, fig. 1, 2 et 3). Les premiers suçoirs se forment de bonne heure, dès que les racines du parasite rencontrent celles d'une plante nourricière. On peut en trouver déjà en décembre, sur des plantules de moins de un mois. A partir du moment où les suçoirs entrent en jeu pour assurer la nutrition de la plantule, le développement de l'appareil aérien commence. De nouvelles feuilles se forment, rapprochées les unes des autres et dressées côte à côte (Pl. II, fig. 2, 3 et 4). Ces premières phases du développement du *Thesium humile* sont lentes, en raison des basses températures de la période hivernale. Mais, dès que le printemps s'annonce, avec les journées ensoleillées de mars, la vigueur des plantes s'accroît. La plantule se ramifie, ses tiges s'allongent et elle fleurit à partir du mois d'avril. Floraison et fructification se poursuivent jusqu'en mai ou juin, jusqu'à ce que la sécheresse estivale fasse sentir ses effets et provoque la dessiccation du parasite, ainsi que celle de la plupart de ses hôtes habituels. Le cycle évolutif de cette plante annuelle est donc caractérisé par sa brièveté, caractère que l'on retrouve chez la plupart des espèces annuelles de la région méditerranéenne. Sensible au froid, la plante se développe lentement pendant l'hiver. Elle mûrit ses graines dès la fin du printemps et disparaît aux premières atteintes de la sécheresse estivale.

En l'absence de plante-hôte, les plantules de *Thesium humile* forment de nombreuses racines dépourvues de suçoirs (Pl. I, fig. 3). Leurs organes aériens se développent à peine (Pl. II, fig. 5, à gauche). Quelques feuilles de dimensions réduites apparaissent au-dessus des feuilles cotylédonaires, mais la plantule jaunit progressivement et dépérit sans avoir fructifié. Si de telles plantules arrivent à donner quelques fleurs, dans des cultures sur terreau en pot (Pl. II, fig. 5, à droite), c'est qu'elles ont pu profiter de façon transitoire des plantes qui se sont accidentellement développées à leur voisinage et qui n'ont pas été arrachées à temps.

Des graines de *Thesium humile* ont été semées dans du terreau, en pot, le 3 novembre 1931. Les premières levées s'observent le 21 novembre 1931 et les sorties se poursuivent jusqu'en janvier. Des semis successifs de Blé ont été faits dans ces pots, de quinze jours en quinze jours. Le *Thesium humile* s'est normalement développé dans tous les pots où le Blé a germé avant le mois de mars. Dans les pots où le Blé n'a germé que le 1er avril, les plantules de *Thesium* ont dépéri avant

d'avoir pu profiter de leur hôte. Elles ont donc végété deux ou trois mois sans plante-hôte, mais n'ont pu vivre plus longtemps.

Si l'on supprime le bourgeon terminal d'une plantule de *Thesium*, en la coupant au ras du sol au moment de sa levée, on ne provoque pas sa mort. Sur l'axe hypocotylé, immédiatement au-dessous de la section, il se forme lentement un bourgeon adventif qui, même en l'absence de plante-hôte (plantules dans du sable), donne naissance à un bouquet de feuilles (Pl. II, fig. 6).

En résumé, le *Thesium humile* vit obligatoirement en parasite. Si ses plantules sont capables de rester vivantes pendant plusieurs mois en l'absence de toute plante nourricière, il ne peut fleurir et fructifier dans ces conditions. Heinricher, dans ses nombreux et très importants travaux sur les Phanérogames parasites **(53 à 63)**, a montré que les plantules de certaines Rhinanthacées, en l'absence de toute plante-hôte, se parasitaient entre elles. Quelques individus peuvent acquérir ainsi un certain développement et même grainer, en tirant des plantules voisines certains matériaux nécessaires à leur croissance. Cet autoparasitisme bien particulier n'a pas été observé chez le *Thesium humile*. Mais il n'est pas impossible, puisque des suçoirs peuvent se former au contact de deux racines de ce parasite.

PLANTES-HOTES

Comme toutes les Santalacées dont la biologie est connue et comme la plupart des hémiparasites radicicoles, le *Thesium humile* est un parasite polyphage. Au point de vue agricole, il n'est nuisible qu'aux cultures de céréales (Blé, Orge et Avoine). Mais il se développe aussi dans les cultures de Fèves et dans les jachères mal travaillées, où il passe inaperçu. On trouve ses suçoirs fixés indifféremment sur toutes les racines des plantes avoisinantes. Des observations dans les champs ont en effet montré la présence de suçoirs de *Thesium humile* sur les racines de 32 espèces de plantes spontanées ou cultivées appartenant à 13 familles de Monocotylédones et de Dicotylédones. Ce sont :

Dicotylédones :

Fumariacées : *Fumaria agraria*, *Fumaria parviflora.*

Papavéracées : *Papaver Rhœas.*

Crucifères : *Raphanus Raphanistrum.*

Légumineuses : *Melilotus sulcata*, *Medicago lappacea*, *Lotus Creticus*, *Vicia sativa*, *Vicia Faba*, *Vicia Narbonensis*, *Scorpiurus sulcatus*, *Coronilla scorpioides.*

Ombellifères : *Scandix Pecten-Veneris*, *Torilis nodosa.*

Composées : *Chrysanthemum coronarium*, *Sonchus tenerrimus*, *Calendula arvensis.*

Convolvulacées : *Convolvulus arvensis* (rhizomes), *Convolvulus tricolor.*

Boraginées : *Anchusa undulata.*

Euphorbiacées : *Euphorbia exigua.*

Plantaginées : *Plantago psyllium.*

Santalacées : *Thesium humile* (autoparasitisme).

Monocotylédones :

Graminées : *Avena Algeriensis*, *Avena sterilis*, *Poa annua*, *Cynodon dactylon*, *Lolium rigidum*, *Hordeum sativum*, *Triticum vulgare*, *Triticum durum.*

Liliacées : *Muscari comosum.*

Si l'on excepte le cas d'autoparasitisme, il est logique d'admettre que les plantes sur lesquelles se forment les suçoirs sont à elles seules susceptibles de nourrir le parasite. La démonstration directe méritait pourtant d'en être faite. Les cultures en pleins champs ne peuvent pas donner de résultats assez sûrs, en raison de l'enchevêtrement des systèmes radiculaires des plantes, même lorsqu'elles sont éloignées les unes des autres. Les cultures en pot sont beaucoup plus simples et beaucoup plus démonstratives et c'est à elles que Heinricher avait déjà eu recours pour l'étude de nombreux hémiparasites.

En pot, dans du terreau, le développement normal du *Thesium humile* a été obtenu avec 66 espèces de plantes appartenant à 23 familles réparties dans l'ensemble de l'embranchement des Phanérogames. Si l'on tient compte des espèces sur lesquelles des suçoirs ont été trouvés dans la nature et qui n'ont pas fait l'objet de cultures en pot, on arrive au total de 79 espèces, réparties dans 27 familles. On compte parmi ces hôtes des plantes cultivées et des plantes spontanées, des plantes annuelles et des plantes vivaces, des plantes herbacées et des plantes ligneuses. Il est plus simple d'ajouter que la culture n'a échoué avec aucune des Phanérogames essayées, à l'exception toutefois d'un hémiparasite comme lui, le *Trixago apula* [1]

---

(1) Cette *Rhinanthacée*, hémiparasite radicicole, qui cause des dégâts dans les cultures de céréales en terre forte, possède des graines minuscules qui germent en l'absence de toute plante-hôte. Elle vit obligatoirement en parasite, mais elle est polyphage. En pot, son développement complet a été obtenu aux dépens des espèces suivantes, les seules essayées : *Bromus rubens*, *Fumaria agraria*, *Erodium malacoides*, *Lavatera trimestris*, *Raphanus Raphanistrum*, *Oxalis cernua*, *Medicago ciliaris*, *Sonchus tenerrimus*, *Chrysanthemum coronarium* et *Chenopodium murale.*

(*Bartsia Trixago*). Les résultats ont été également négatifs en présence de deux espèces de Fougères (*Adianthum Capillus-Veneris* et *Blechnum sp.*).

Le *Thesium humile* est donc un parasite polyphage; il paraît pouvoir vivre aux dépens de la plupart des plantes susceptibles de mettre de jeunes racines à sa portée. Il faut en effet bien admettre que ses suçoirs ne sont pas capables de perforer le liège qui protège des racines âgées et que de jeunes radicelles lui sont nécessaires.

PLANTES-HOTES (Cultures en pot)

PHANEROGAMES

Angiospermes

Dicotylédones :

Renonculacées : *Delphinium Ajacis* (var. horticoles).

Papavéracées : *Papaver Rhœas*, *Papaver hybridum*, *Papaver somniferum.*

Crucifères : *Diplotaxis erucoides*, *Brassica insularis*, *Sinapis alba*; *Capsella Bursa-pastoris.*

Caryophyllées : *Stellaria media*, *Spergularia rubra.*

Paronychiées : *Polycarpon tetraphyllus.*

Malvacées : *Malva sylvestris*, *Lavatera trimestris.*

Linées : *Linum usitatissimum.*

Légumineuses : *Trigonella Fœnum-Graecum*, *Medicago lappacaea*, *Medicago ciliaris*, *Medicago echinus*, *Melilotus sulcata*, *Melilotus indica*, *Cicer arietinum* (variété ordinaire et variété à graines noires), *Vicia sativa*, *Vicia Faba* (fève et fèverolle), *Vicia ervilia*, *Vicia vestita*, *Lens esculenta*, *Phaseolus vulgaris.*

Ficoïdées : *Mesembryanthemum nodiflorum.*

Ombellifères : *Bupleurum protractum*, *Scandix Pecten-Veneris*, *Ridolfia segetum*, *Torilis nodosa*, *Ferula communis.*

Rubiacées : *Galium sacchatarum*, *Galium tricorne*, *Galium viscosum*, *Vaillantia hispida.*

Composées : *Chrysanthemum coronarium*, *Senecio leucanthemifolius*, *Sonchus oleraceus*, *Sonchus tenerrimus.*

Cucurbitacées : *Ecballium elaterium.*

Convolvulacées : *Convolvulus tricolor.*

Solanées : *Solanum nigrum.*

Labiées : *Lamium amplexicaule.*

Salsolacées : *Beta vulgaris* (espèce spontanée et betterave cultivée), *Chenopodium opulifolium*, *Chenopodium murale*.

Polygonacées : *Rumex pulcher*, *Polygonum aviculare*.

Euphorbiacées : *Euphorbia Peplus*, *Ricinus communis* (plantules).

Urticacées : *Urtica urens*.

Monocotylédones :

Cypéracées : *Cyperus rotundus*.

Graminées : *Phalaris brachystachys*, *Avena sterilis*, *Avena Algeriensis*, *Cynodon dactylon*, *Poa annua*, *Bromus madritensis*, *Triticum durum*, *Triticum vulgare*, *Secale cereale*, *Hordeum sativum*, *Lolium rigidum*.

GYMNOSPERMES

Conifères : *Pinus Halepensis*.

RELATIONS ENTRE LE PARASITE ET L'HOTE

FORMATION DES SUÇOIRS

La distribution des suçoirs sur le système radiculaire du *Thesium humile* est très irrégulière. Ces organes peuvent se former en n'importe quel point d'une jeune racine, la cause déterminante étant constituée par la présence d'une racine nourricière au voisinage immédiat. Cette hypothèse seule permet en effet d'expliquer que certaines radicelles du parasite ne portent que de rares suçoirs, alors que d'autres, morphologiquement semblables, en ont formé un grand nombre côte à côte, tous fixés par exemple sur une même racine parallèle à la racine du *Thesium*.

Comme conclusion à l'ensemble de ses recherches sur cette question, HEINRICHER **(62)** indique que, chez les Santalacées comme chez les Rhinanthacées, la formation des suçoirs est subordonnée à une excitation chimique par les racines de l'hôte. Pourtant, il admet que des plantules dépourvues d'hôte peuvent, de façon anormale, donner des suçoirs au contact de débris organiques ou de particules minérales. Beaucoup de plantes parasites portent en effet des suçoirs qui, au lieu d'être fixés sur une racine, enserrent un débris organique ou un grain de sable. Chez le *Thesium humile*, on trouve bien des suçoirs nettement pédonculés, parfois recourbés en crochet, qui n'adhèrent pas à une racine. Mais ils sont indépendants de toute particule organique ou minérale. Ils semblent s'être développés sous l'influence d'une racine trop éloignée pour qu'ils aient pu parvenir jusqu'à elle.

A priori, on peut supposer avec Heinricher que la racine-hôte laisse diffuser autour d'elle des substances chimiques qui provoquent sur les racines de *Thesium humile* la formation de suçoirs. Des essais destinés à étayer cette hypothèse par des faits précis ont pourtant donné des résultats négatifs. Dans des ballonnets dont le fond est occupé par de l'extrait de terreau gélosé, on place d'une part des graines de *Thesium humile* à calotte basilaire sectionnée, d'autre part des graines de *Medicago ciliaris* à téguments piqués. Bien que malingres en raison de la pauvreté du milieu et surtout du manque de gaz carbonique, les plantules de *Medicago ciliaris* que l'on obtient forment plusieurs feuilles et leurs racines pénètrent dans la gélose de part en part. Dans les mêmes conditions, les plantules du *Thesium humile* ne forment par contre qu'une racine réduite, en partie atrophiée. Un fragment de gélose prélevé au voisinage d'une racine de *Medicago* et placé au contact d'une racine de *Thesium* ne détermine aucune réaction de cette dernière. Faute d'avoir pu obtenir sur gélose des racines de *Thesium* d'aspect normal, ce résultat négatif ne permet de tirer aucune conclusion.

La formation des suçoirs sur les racines des parasites radicicoles rappelle par beaucoup de points la germination des graines de certaines plantes parasites telles que les Orobanches. L'étude comparée de ces deux phénomènes est donc susceptible d'en éclairer le déterminisme respectif. La germination des graines d'Orobanches est, comme la formation des suçoirs sur les racines des hémiparasites, influencée par la présence des racines des plantes-hôtes. Il s'agit d'ailleurs de phénomènes équivalents, au point de vue physiologique tout au moins. Le petit filament sans coiffe qu'émet l'embryon d'une graine d'Orobanche n'est pas autre chose, en effet, qu'un suçoir.

Les graines de l'*Orobanche speciosa* germent au voisinage des racines d'un grand nombre de plantes. L'action des racines de certaines espèces se fait sentir dans un rayon de 8^{mm}. D'autres n'agissent qu'à une distance plus faible : 1 ou 2^{mm} au maximum. La proportion des graines de l'*Orobanche speciosa* qui germent est de 95 % au moins avec les espèces de plantes les plus actives. Elle est à peine chiffrable (de l'ordre de 1 %) avec d'autres, et on trouve tous les intermédiaires entre les espèces dont les racines font germer toutes les graines dans un rayon de 8^{mm} et celles qui sont tout à fait inactives.

Chvetz-Zavgorodny **(33)** et Bartzinsky **(6)** ont réussi à faire germer les graines d'*Orobanche cumana*, parasite du Tournesol, en présence d'extraits de racines convenablement dilués, bouillis ou non. La germination des graines d'*Orobanche cumana* est donc subordonnée à l'existence dans le milieu, non pas d'une racine vivante ou d'une

diastase, mais d'une simple substance chimique que l'on peut extraire des racines par pression. Les résultats obtenus avec l'*Orobanche speciosa* impliquent alors que les racines des Phanérogames laissent diffuser autour d'elles des quantités très variables de cette substance. D'autre part, cette substance, dont la nature n'est pas connue, agit de façon spécifique sur les graines des différentes espèces d'Orobanches, faisant germer les unes et n'influençant pas les autres. Ainsi les racines de l'*Oxalis cernua* font germer les graines du *Phelipaea Muteli* et non celles de l'*Orobanche speciosa*.

Mais des graines d'Orobanche peuvent germer en l'absence de toute racine vivante. Leur proportion est seulement excessivement faible. Le fait a été constaté pour deux espèces d'*Orobanche* dans des conditions de milieu tout à fait différentes. CAPPELLETTI **(19)** a signalé la germination des graines de l'*Orobanche gracilis* sur un extrait de terreau gélosé, dans la proportion de 1 pour 3.000 ou 4.000 et même moins. Entre deux feuilles de papier filtre, dans du sable, les graines de l'*Orobanche speciosa* germent dans une proportion dont l'ordre de grandeur est le même **(23)**. A moins d'admettre qu'il y a, pour chaque espèce d'Orobanche, deux sortes de graines, ce fait implique l'existence dans le sable ou dans le terreau d'une très petite quantité des diverses substances qui déclenchent le développement de l'embryon des graines.

Les graines de *Lathraea* se comportent comme les graines d'*Orobanche*. HEINRICHER en effet a montré d'une part **(63)** qu'elles germent bien au voisinage des racines d'une plante-hôte. CHEMIN **(31)**, d'autre part, a établi qu'elles germent aussi en l'absence de toute racine. HEINRICHER lui-même a d'ailleurs observé dans ces conditions des débuts de germination (2 graines sur 104).

La formation des suçoirs sur les racines des hémiparasites se présente dans les mêmes conditions. L'influence prépondérante des racines des plantes-hôtes a été admise par tous les auteurs qui se sont préoccupés de cette question. La formation de suçoirs en l'absence de toute racine, observée chez beaucoup d'espèces, s'expliquerait alors de la même façon que la germination des graines d'Orobanche en l'absence de racine.

Ce rapprochement, qui ne semble jamais avoir été fait, a l'avantage de fournir une explication simple à une anomalie qui a préoccupé de nombreux botanistes. Il s'agit du cas des graines des plantes parasites dont la germination est influencée par la présence de racines déterminées (*Orobanchées*, *Lathraea*, *Tozzia*, etc.). L'embryon de ces graines donne directement un suçoir. Au point de vue physiologique, leur germination doit donc être assimilée à la formation d'un suçoir; elle est, par conséquent, soumise aux mêmes exigences. Les graines des

plantes parasites dont la plantule est capable d'une vie indépendante même très limitée se comportent au contraire comme des graines ordinaires. Tous les faits actuellement connus se rangent dans le cadre de cette interprétation.

ROLE DES SUÇOIRS

Par leurs vaisseaux du bois, les suçoirs du *Thesium humile* établissent une communication directe entre l'hôte et le parasite. Cette liaison implique nécessairement le libre passage des solutions salines qui circulent dans les vaisseaux du bois. Aucune sélection ne peut s'exercer à ce niveau, puisque la communication se fait sans interposition de cellules vivantes. Les données physiologiques s'accordent en effet exactement avec ces données anatomiques.

EAU

Le passage de l'eau de la plante-hôte vers le parasite est certain.

Un pied de *Thesium humile* en pleine végétation est arraché avec précaution pour en respecter les principales ramifications du système radiculaire. Séparé de son hôte, il est placé sur un ballon, ses racines plongeant dans l'eau. En moins de une heure, au laboratoire, la plante se fane visiblement. L'extrémité de ses tiges s'incline vers le sol. Dans les mêmes conditions, le pied de *Medicago ciliaris* sur lequel étaient fixés ses suçoirs et qui a été arraché avec lui, garde sa turgescence normale, même au soleil. Les racines du *Thesium humile* se montrent donc incapables d'absorber assez d'eau pour compenser dans ces conditions les pertes dues à la transpiration. Cette incapacité est assurément liée à l'absence presque totale de poils absorbants. Il est possible aussi que la perméabilité de la membrane protoplasmique des cellules de la racine soit en jeu. De toute façon, les suçoirs pallient cette déficience, et c'est là l'un de leurs rôles indéniables.

Heinricher (**53** à **58**) et Kostytschew (**88**) ont établi que les Rhinanthacées, séparées de leur hôte, se fanent aussi très rapidement, peut-être en raison d'une transpiration particulièrement active (Seeger, cité par Kostytschew). Le comportement du *Thesium humile* n'est donc pas exceptionnel et il serait celui de beaucoup d'hémiparasites.

ALIMENTS MINÉRAUX

Avec l'eau, le parasite prend nécessairement les matières minérales en dissolution dans la sève brute. Cette affirmation comporte une

démonstration nette : on la trouve dans l'étude de la silice dont la présence dans les feuilles du *Thesium* est liée à la nature de la plante-hôte (voir p. 71 et Pl. IX, fig. 1 à 6 et fig. 9).

On a depuis longtemps montré que la teneur d'un parasite en matières minérales était totalement différente de celle de l'hôte. Il ne saurait en être autrement, sous peine d'enlever au parasite toute individualité. Quant à la différence de composition chimique des cendres d'un même parasite suivant la nature de ses hôtes **(109)**, elle a la même signification biologique que la différence de composition chimique des cendres d'une même plante suivant les sols dans lesquels elle pousse. L'accumulation de silice dans les feuilles du *Thesium humile* parasite sur du Blé ne revêt une importance particulière que parce qu'il s'agit d'une substance physiologiquement inutile, du moins aux doses massives auxquelles on la rencontre.

TABLEAU 17

TENEUR DES FEUILLES EN SILICE

(Analyse de M. MAINGONNAT)

	Feuilles de plante parasite sur	
	Blé	Medicago sp. (M. ciliaris ?)
Cendres, p. 100 du poids sec	34,5	14,3
Silice, p. 100 des cendres	65	8,3
Silice, p. 100 des cendres silice déduite	185,6	9,1
Silice, p. 100 du poids sec	22,4	1,2
Cendres silice déduite, p. 100 du poids sec	12,1	13,1
Cendres silice déduite, p. 100 du poids sec silice déduite	15,5	13,3

Ces chiffres montrent de façon nette que, dans le *Thesium* parasite du Blé, la silice se surajoute purement et simplement aux autres éléments minéraux des cendres dont la teneur est presque la même dans les deux échantillons (13,3 et 15,5 %). Elle ne peut donc représenter, d'après l'analyse chimique, qu'une matière inerte, indépendante de la matière vivante. Et c'est bien en effet ainsi qu'elle apparaît au microscope, sous forme de concrétions intercellulaires. On ne peut expliquer une telle accumulation de silice dans les feuilles du *Thesium* parasite du Blé qu'en admettant que la sève brute circulant

dans les vaisseaux du bois des racines de l'hôte passe intégralement dans les vaisseaux du parasite. La silice qu'elle contient en dissolution, physiologiquement inutile, est excrétée dans les méats où elle s'accumule. Le phénomène ne se produit naturellement pas lorsque les suçoirs sont fixés sur des racines de Légumineuses, plantes qui absorbent relativement très peu de silice. Union directe des vaisseaux du bois et accumulation de silice sont donc deux preuves anatomiques concordantes du passage de la sève brute de l'hôte vers le parasite par l'intermédiaire des suçoirs.

ALIMENTS ORGANIQUES

Le *Thesium humile* tire-t-il de son hôte une partie de sa nutrition carbonée ? Il est très difficile de donner une réponse précise à cette question qui touche à un domaine trop vaste. Mais l'observation et l'expérience fournissent pourtant sur ce sujet des renseignements importants.

Les suçoirs du *Thesium humile*, comme d'ailleurs ceux de tous les hémiparasites, ne possèdent pas de tubes criblés. Ces derniers existent par contre dans les suçoirs des Cuscutes **(93)**. On est donc tenté de conclure, avec Pierce **(112)**, que les hémiparasites ne peuvent tirer de leurs hôtes que de l'eau et des matières minérales. Mais il est bien établi aujourd'hui que les suçoirs de certains parasites non chlorophylliens sont, eux aussi, dépourvus de vrai liber. Les suçoirs du *Lathraea clandestina* **(30, 44)** et ceux du *Cytinus hypocistis* **(44)** sont dans ce cas. Puisque ces végétaux hétérotrophes prennent nécessairement leurs aliments carbonés à leurs hôtes, l'absence de tubes criblés dans les suçoirs n'a pas la signification biologique que supposait Pierce.

Fraysse **(44)** a montré que les suçoirs des hémiparasites qu'il a étudiés (*Osyris alba*, *Odontites rubra*, *Euphrasia officinalis*) digèrent à leur voisinage l'amidon de la racine parasitée. Il montre d'autre part que leurs suçoirs renferment des sucres réducteurs. De l'ensemble de ses recherches, il conclut que ces hémiparasites prélèvent des aliments carbonés dans les racines de leur hôte. Ce serait même là le rôle essentiel des suçoirs de l'*Euphrasia officinalis*.

Faute d'avoir observé les suçoirs du *Thesium humile* sur des racines riches en réserves amylacées, la digestion de l'amidon à distance n'a pu être mise en évidence. Mais la digestion complète des tissus de la racine nourricière par le cône de pénétration du suçoir libère naturellement des matières organiques ternaires ou quaternaires que le suçoir utilise sans nul doute. Un tel phénomène ne peut avoir pourtant qu'une portée très limitée Il n'est pas de nature à faire passer

dans le parasite des matériaux organiques en quantité appréciable, supérieure à celle qui est nécessaire sur place à la formation du cône de pénétration lui-même.

En étudiant l'assimilation chlorophyllienne des hémiparasites, Bonnier **(12)** est arrivé à la conclusion que l'intensité de cette assimilation varie beaucoup suivant les espèces. Pour cet auteur, le groupe des hémiparasites renferme donc des végétaux qui forment, à des degrés divers, la transition entre les autotrophes et les hétérotrophes. Cette conclusion n'a pas été adoptée par Heinricher. Les Rhinanthacées auxquelles il a consacré des mémoires importants **(53, 54, 55, 56, 57, 58, 61)** exigent toutes, pour se développer, un bon éclairement. Elles ne supportent pas l'ombre. D'autre part, dans leurs feuilles, la formation et la migration de l'amidon suivent les mêmes règles que dans les feuilles des végétaux verts non parasites. Il en conclut que ces hémiparasites sont aussi des végétaux autotrophes.

En mesurant directement l'intensité de l'assimilation chlorophyllienne, Kostytschew **(87, 88)** arrive à la même conclusion. Pour lui, comme pour Heinricher, les résultats expérimentaux de Bonnier ont été modifiés par la rapidité avec laquelle se fanent les organes verts des hémiparasites. Les recherches de Kostytschew établissent que l'intensité de l'assimilation chlorophyllienne des hémiparasites est du même ordre de grandeur que celle des plantes vertes ordinaires. Comme rien ne permet de supposer que leurs besoins en matières organiques sont supérieurs, ils sont donc capables de se suffire. Si donc le parenchyme des suçoirs permet le passage des matières organiques solubles, cette migration doit s'effectuer indifféremment dans un sens ou dans l'autre.

Les cellules du parenchyme des feuilles du *Thesium humile* renferment de nombreux chloroplastes d'aspect normal. A la lumière, des grains d'amidon se forment dans ces chloroplastes (Pl. IX, fig. 7). Le phénomène est identique à celui qu'on observe dans les feuilles d'une plante verte quelconque. L'amidon disparaît rapidement lorsque le parasite et son hôte sont mis simultanément à l'obscurité. Il ne reparaît pas tant que le *Thesium humile* reste à l'obscurité, même si l'hôte est à nouveau placé à la lumière.

Le 23 avril, à 15 heures, on met dans une chambre noire deux pots avec du *Thesium*, parasite sur Fève dans l'un, sur Blé dans l'autre. Les chloroplastes sont à ce moment riches en grains d'amidon (Pl. IX, fig. 7). Décolorées par l'alcool et plongées dans de l'eau iodo-iodurée, les feuilles prennent une coloration gris foncé. Après 16 heures de séjour à l'obscurité, les feuilles du *Thesium humile* ne renferment déjà plus d'amidon (Pl. IX, fig. 8). Les pots sont pourtant conservés pendant 66 heures dans la chambre noire. Ils sont

remis en pleine lumière (ciel nuageux avec belles éclaircies) le 26 à 9 heures. Dans chacun d'eux, une plante de *Thesium* est maintenue à l'obscurité sous une boîte métallique. Le même jour, à 16 h., soit après 7 heures d'éclairement, l'amidon a reparu dans le *Thesium* dont les feuilles, décolorées et traitées par l'eau iodo-iodurée, prennent déjà une teinte gris clair. Le 27, à 9 heures, la teneur des chloroplastes en amidon est redevenue normale. Les pieds restés à l'obscurité ne renferment pas d'amidon le 30, bien que leur hôte soit placé dans des conditions normales depuis quatre jours.

Pourtant, l'hôte restant éclairé, l'amidon ne disparaît que lentement des pieds du *Thesium* placés à l'obscurité.

Le 25 avril, à 16 heures, deux plantes de *Thesium* (l'une parasite sur *Medicago sp.*, l'autre sur Blé) dont les chloraplastes sont riches en amidon, sont mises seules à l'obscurité sous une boîte métallique. Après 24 heures, leurs feuilles renferment encore beaucoup d'amidon; colorées par l'eau iodo-iodurée, elles prennent une teinte gris foncé. Un rameau du pied de Luzerne qui constitue l'hôte de l'un des *Thesium*, placé à l'obscurité dans les mêmes conditions, ne renferme déjà plus d'amidon. Après 65 h. de séjour à l'obscurité, les feuilles du *Thesium* prennent encore une teinte grise, après coloration de l'amidon par l'iode. Leur teneur en amidon a seulement beaucoup diminué. Dans un autre essai tout à fait comparable, la disparition de l'amidon était complète au bout du même temps.

L'évolution de l'amidon dans les feuilles du *Thesium humile* se présente donc bien avec quelques particularités difficiles à interpréter. Mais les chloroplastes de cet hémiparasite se révèlent normalement capables de fabriquer de l'amidon à la lumière, au même titre que ceux des plantes autotrophes. Le *Thesium humile* se comporte donc comme les hémiparasites étudiés par HEINRICHER et par KOSTYTSCHEW. Les conclusions auxquelles sont arrivés ces auteurs lui sont donc applicables.

Comme les Rhinanthacées, le *Thesium humile* est aussi une plante héliophile qui exige, pour se développer, l'éclairement solaire direct. Dominé par une céréale vigoureuse, le parasite s'étiole (Pl. III, fig. 2). Ses feuilles s'affinent; ses tiges s'allongent et restent grêles. Il graine peu ou pas du tout. Sous une ombre épaisse, dans le feuillage dense du *Myoporum insulare* par ex., les plantes meurent en quelques jours, même si l'hôte reste en pleine lumière. A l'obscurité complète, le *Thesium humile* s'étiole et dépérit beaucoup plus vite que la plupart de ses plantes nourricières.

Mais, malgré toutes ces données concordantes, on ne peut pas conclure que la nutrition carbonée du parasite est complètement indépendante de l'hôte. Les phénomènes physiologiques de la nutrition

sont trop complexes pour que l'une des fonctions de la plante puisse être envisagée en dehors de toutes les autres. Quelques faits caractéristiques le démontrent.

En s'inspirant des méthodes employées par MAZÉ, par LAURENT et surtout par COMBES (**35, 36**), des essais de culture aseptique du *Thesium humile* ont été tentés. La composition des solutions employées était la suivante (MOLLIARD, **102**) :

Solution A

Eau	350
$(NO^3)^2$ Ca	40
PO^4KH^2	10
NO^3K	10
CLK	5

Solution B

Eau	350
SO^4Mg	20,5

Solution minérale définitive : 20 A + 20 B + 0,5 solution diluée de perchlorure de fer + 800 eau.

Solution sucrée définitive : 800 cc. de solution minérale définitive + 10 gr. de glucose Massee.

Dans des ballons de 2 l., sur solution minérale comme sur solution sucrée, des plantules de *Thesium humile* sont restées pendant plusieurs mois à l'état stationnaire, réduites à leurs deux feuilles cotylédonaires. En réalisant des conditions de milieu plus normales, les feuilles cotylédonaires à l'air libre et les racines dans du sable imprégné de solution nutritive, les plantules ne se sont pas mieux développées que dans la nature en l'absence absolue de plante nourricière. Les chloroplastes de pareilles plantules ne renferment que peu ou pas d'amidon, et, progressivement, les feuilles jaunissent. Certaines plantes ont été conservées ainsi plus de deux mois sans intervention secondaire de micro-organismes.

GAUTIER (**47**) avait également échoué dans ses essais de culture du *Melampyrum pratense* sur solutions nutritives. Ces hémiparasites, comme certains champignons, ne peuvent donc se développer qu'en parasites, dans l'état actuel de la technique des cultures tout au moins.

L'interprétation la plus simple et en même temps la plus vraisemblable de la nécessité du parasitisme de ces plantes a été fournie par HEINRICHER. Pour lui, les racines ne peuvent pas puiser directement dans le sol les sels de fer indispensables à la formation de la chlorophylle. Le parasite tire nécessairement ces sels de fer de son hôte, par l'intermédiaire de ses suçoirs. La chlorose des plantules privées de plantes nourricières est plus ou moins rapide, suivant leur richesse

initiale en fer. Enfin, dans le cas d'autoparasitisme entre plantules sans plante-hôte, les réserves de fer de toutes les plantules se concentreraient dans quelques-unes, qui pourraient ainsi poursuivre seules leur développement.

Si rien ne s'oppose à appliquer cette explication au cas du *Thesium humile*, il faut pourtant ajouter que des phénomènes d'une nature tout à fait différente peuvent également être en jeu.

Le 5 avril, dans une dizaine de pots renfermant des plantes de *Thesium humile* en plein développement, on coupe au ras de sol les organes aériens du Blé qui sert de plante nourricière. Ces plantes de Ble ont, les unes quatre mois et demi, les autres deux mois seulement. Les suçoirs sont partout nombreux et bien développés. Le parasite poursuit son développement. Il fleurit. Mais l'amande ne se forme dans aucune des graines, qui restent toutes vides. Dans les pots conservés comme témoins, la fructification est par contre normale.

Les organes aériens de la plante-hôte sont donc nécessaires au développement du parasite. Les suçoirs ne réalisent pas une véritable greffe qui permette au parasite de vivre à l'aide du seul système radiculaire de son hôte. On peut évidemment supposer que, faute d'aliments organiques, les racines de l'hôte dépérissent. Mais on peut se demander aussi si l'hôte ne fabrique pas dans ses organes verts des substances organiques autres que des matières hydrocarbonées dont le parasite ne peut faire lui-même la synthèse, bien que sa fonction chlorophyllienne s'exerce normalement. On pense alors naturellement aux substances de croissance dont la rhizocaline constitue un exemple particulièrement démonstratif (Bouillenne et Went, **14**). C'est un aspect nouveau de la biologie des hémiparasites qui se trouve ainsi posé par ces essais.

CONSEQUENCES DU PARASITISME POUR L'HOTE

Dans les terres pauvres où se développe le *Thesium humile*, la présence du parasite se traduit par un arrêt de développement des céréales qui servent de plantes nourricières. Là où le parasite est abondant, la céréale n'arrive même pas à épier et elle dépérit progressivement à partir du mois d'avril.

Une plante vigoureuse, en terre fertile, est pourtant peu gênée par le *Thesium humile*. A la suite d'un détuffage, par exemple, on peut voir des céréales très drues à l'ombre desquelles ont persisté de nombreuses plantes étiolées de *Thesium humile*. Les résultats sont les mêmes dans les essais en pot où le parasite peut poursuivre son développement sans être gêné par l'ombre de son hôte.

Des cultures de *Thesium humile* ont été faites en pot, en présence de Blé. Chaque pot était rempli d'une quantité déterminée d'un terreau bien homogène. En mai, on a déterminé le nombre de pieds de *Thesium* dans chaque pot, ainsi que le poids des organes aériens du Blé et du *Thesium*, après dessiccation à l'air libre. Les résultats sont réunis dans le tableau 18, p. 153.

On trouve donc, sur des pieds de Blé vigoureux, beaucoup ou peu de *Thesium* (n°s 1 et 2 d'un côté, 3 et 4 de l'autre). De même, le développement du Blé peut être faible quelle que soit l'abondance du *Thesium* (comparer les n°s 24 et 28 aux n°s 19 et 21). Enfin, le développement du *Thesium* a été bon aussi bien dans les pots où le Blé était vigoureux que dans d'autres où il est resté chétif. (Comparer les n°s 1 et 2 aux n°s 24 et 28.)

Ces résultats sont faciles à interpréter. Sur terreau, en pot, le Blé dispose à volonté d'eau (arrosage suivant les nécessités) et d'éléments nutritifs. Les irrégularités dans son développement tiennent à des causes fortuites (irrégularités à la levée, dégâts dus au vent, etc.). Dans la nature, dans les terres pauvres qui sont le domaine d'élection du *Thesium humile*, les ressources en aliments minéraux et en eau sont limitées. Elles sont insuffisantes pour permettre un développement normal du Blé seul.

Par exemple, dans une culture de Blé en terre tuffeuse infestée par le *Thesium humile*, les plantules du parasite sont détruites dès leur levée avec une solution d'acide sulfurique (désherbage sélectif des céréales par la méthode Rabaté, **22, 115**). Un peu plus tard, les pieds de *Thesium* qui persistent sont arrachés à la main. Dans ces conditions, le parasite n'a pu exercer aucune action sur le développement du Blé. Malgré tout, ce dernier est resté chétif. Le rendement de la parcelle traitée pouvait être estimé dans son ensemble à 3 q. à l'ha. Le Blé avait par contre disparu complètement dans les parties témoin où le *Thesium* était abondant.

On se trouve en somme en présence d'un cas limite où la pénurie d'eau joue le rôle essentiel. En enlevant au Blé une partie seulement de l'eau que ce dernier ne trouve dans le sol qu'en quantité limitée, le parasite arrête le développement de son hôte, qui dépérit le premier. Le *Thesium* se dessèche d'ailleurs bientôt après, sans même arriver à mûrir ses graines là où le tuf est trop superficiel.

RELATIONS ENTRE LE PARASITE ET LE MILIEU

Le *Thesium humile* pousse dans des terres de nature très variable, mais que rapproche un caractère commun essentiel : leur manque de

TABLEAU 18

INFLUENCE DU *THESIUM* SUR LE DEVELOPPEMENT DU BLE

Nº d'ordre	Poids du blé (en grammes)	Nombre de plantes de Thesium	Poids du Thesium (en grammes)
1	18	5	2,2
2	16,7	8	2,5
3	14,3	1	0,5
4	13,8	1	0,5
5	13	0	0
6	12,8	3	0,9
7	12,7	1	0,7
8	12,6	1	0,8
9	11,6	1	0,6
10	11,5	2	1,4
11	11	0	0
12	10,8	1	0,6
13	10,7	0	0
14	10	3	1
15	10	2	0,9
16	10	1	1,5
17	9,2	3	2,5
18	9	2	1,5
19	9	1	0,5
20	8,9	3	1,7
21	8,7	1	0,5
22	8,6	3	1
23	8,6	2	1,6
24	8,5	4	2,8
25	8,5	3	2
26	8,5	3	1,4
27	8,5	2	0,8
28	8,2	1	2,2
29	8	2	1,4
30	7,8	2	2,3

fertilité. Ce sont soit des terres tuffeuses (terres à croûtes des classifications pédologiques), soit des terres sablonneuses. Comme, de plus, ce parasite se trouve sur des plantes-hôtes de nature variée, il ne fait pas partie d'une association végétale définie. On le rencontre comme « indifférente » dans les associations végétales des terres pauvres.

Le *Thesium humile* est confiné dans les terres pauvres par l'effet combiné de son héliophilie très accusée et de la lenteur de son développement hivernal. Dans les terres de fertilité normale, les plantes cultivées ou spontanées à développement hivernal rapide et vigoureux dominent de bonne heure ses plantules et les privent de lumière, les « étouffent », suivant l'expression en usage dans les milieux agricoles et à laquelle il ne faut pas donner son sens littéral. Cette influence du milieu, que la biologie du parasite permet de prévoir, apparaît avec une netteté frappante dans les terres tuffeuses infestées, après enlèvement du tuf (voir p. 161). Dans la céréale qui suit, on assiste encore à une levée massive de *Thesium*, le sol étant riche en graines. Mais beaucoup de plantules mal éclairées dépérissent peu de temps après leur levée. Celles qui persistent ne donnent que des plantes étiolées qui souvent ne grainent pas, dominées par la céréale vigoureuse. Le parasite ne peut plus se maintenir dans ce nouveau milieu. HEINRICHER **(60)** a montré que, pour les mêmes raisons, le *Melampyrum arvense* se comporte de façon identique dans les céréales drues.

En terre pauvre, au contraire, les plantes cultivées ou spontanées sont limitées dans leur développement par le manque d'eau et d'aliments minéraux. La végétation n'arrive pas à couvrir le sol. Des vides subsistent dont profitent les plantules du *Thesium*. Bientôt, le parasite prend à ses hôtes au moins de l'eau et des aliments minéraux. Il limite ainsi davantage leur développement. Il se développe d'autant mieux qu'il est bien éclairé, à la seule condition que ses hôtes ne succombent pas avant qu'il ne graine. Le sol est finalement abondamment ensemencé en *Thesium* : le parasite trouve là des conditions de milieu très favorables à son maintien.

En Tunisie, le *Thesium humile* se rencontre rarement dans les terres incultes. Il n'y apparaît le plus souvent que comme échappé des cultures de céréales. Pourtant, l'espèce existe bien à l'état endémique en Afrique du Nord, sans y avoir été introduite par l'homme. JAHANDIEZ et MAIRE **(76)** la signalent au Maroc dans les peuplements de *Callitris quadrivalvis*. Dans le Centre Tunisien, on en trouve quelques rares peuplements sur des coteaux tuffeux arides qui représentent certainement des stations primitives. Elle croît également dans les steppes sableuses du Sud Tunisien (région de Gabès par ex.). Il faut donc la considérer comme une plante de certaines terres incultes qui

a trouvé dans les cultures de céréales en terrain maigre des conditions de milieu éminemment favorables à son développement.

On peut être surpris de la rareté du *Thesium humile* dans le Nord de la Tunisie, sur les terres incultes pauvres occupées par des associations végétales qui permettraient son maintien (association du Romarin par ex.). Il n'y apparaît en effet qu'à titre exceptionnel, à la suite d'apports de graines à partir des terres à céréales envahies et il ne s'y maintient pas. La raison est simple : cette plante herbacée annuelle ne résiste pas au pâturage. Recherchée par tous les animaux (mouton et chèvre particulièrement), elle disparaît des terres où paissent librement des troupeaux. Eliminé des terres fertiles, cultivées ou incultes, par les espèces à développement hivernal rapide qui les occupent, détruit dans les terres maigres incultes pâturées par les troupeaux, le *Thesium humile* se trouve ainsi relégué presque exclusivement dans les terres à céréales pauvres, d'où l'homme cherche maintenant à le chasser à son tour. Comme il peut aisément y parvenir, on voit qu'il s'agit en fin de compte d'une espèce mal armée pour la lutte pour la vie.

MALADIES

Les parasites, animaux et végétaux, du *Thesium humile* sont peu nombreux. En particulier, OUDEMANS ne signale aucun champignon parasite de cette espèce. Pourtant, en Tunisie, la seule maladie du *Thesium humile* qui ait été observée est une affection cryptogamique du collet, de la base des tiges et des feuilles inférieures de la plante (Pl. IV, fig. 3). Les tissus atteints sont recouverts par une fine croûte grisâtre très adhérente, ponctuée de noir. Les feuilles attaquées se dessèchent, mais les tiges restent vivantes et continuent encore à alimenter l'ensemble de la plante. La circulation de la sève est cependant ralentie et, en général, les pieds dont le collet et la base des tiges sont noirs se dessèchent prématurément sans mûrir leurs graines.

Les tissus envahis sont infiltrés de filaments mycéliens, particulièrement abondants dans le parenchyme des feuilles et dans l'écorce des tiges. A la surface de ces tissus, le parenchyme forme un véritable stroma (Pl. XVIII, fig. 2). Dans ce lacis de filaments mycéliens bruns sont logés des îlots de pseudoparenchyme qui représentent des périthèces immatures. En conservant en plein air des tiges de *Thesium* attaquées, on peut trouver des périthèces mûrs au cours de l'hiver suivant (Pl. XVIII, fig. 4). Les ascospores, qui représentent la seule forme de fructification du parasite, assurent donc l'infection des jeunes plantules de *Thesium* pendant l'hiver et au début du printemps.

Les périthèces, inclus dans le lacis de filaments mycéliens dans

lequel ils ont pris naissance, pourvus d'un ostiole sans col, renferment des asques sans paraphyses. Les ascospores, hyalines et bicellulaires, mesurent 13×2,5—3 μ (Pl. XVIII, fig. 3). C'est donc d'un *Sphaerella* rappelant beaucoup par ses caractères microscopiques le *Sphaerella Thesii* que SCHRÖTER **(124)** a décrit comme parasite du *Thesium intermedium* en Yougoslavie. Les ascospores de cette espèce sont bien un peu plus larges (12—14×4,5 μ), mais la différence ne paraît pas suffisante pour justifier à elle seule la séparation spécifique de ces deux parasites. D'autant plus que FERRARI a déjà rapporté à cette même espèce, en en faisant seulement une variété (*Sphaerella Thesii* var. *pedemontana*) un parasite du *Thesium linophyllum* en Italie, dont les spores sont nettement plus grandes que celles du type décrit par SCHRÖTER (15—18×5—6 μ). L'agent de la maladie du *Thesium humile* est donc rapporté à l'espèce *Sphaerella Thesii* Schröter.

Dans de nombreux peuplements de *Thesium humile*, ce parasite cause des attaques généralisées au point que, en mai, sur des surfaces importantes (de l'ordre de 1 hectare), toutes les plantes ou presque se dessèchent sans mûrir leurs graines. La couleur noire de la base de leur tige attire tout de suite l'attention. Cette généralisation de la maladie laisse supposer l'existence d'une forme de fructification imparfaite (pycnides ou fructifications conidiennes). Elle n'a pourtant pas pu être observée. Le parasite se conserve pendant l'été, sur les tiges attaquées, sous forme de périthèces immatures qui forment et libèrent leurs ascospores au cours de l'hiver suivant. Le développement du *Thesium humile* par taches crée des conditions qui permettent des infections généralisées aux dépens des seules ascospores.

Sphaerella Thesii est, pour le *Thesium humile*, un parasite redoutable, susceptible d'entraver sérieusement le développement de l'espèce. Il ne semble pas arriver pourtant à la faire disparaître, même dans les taches où il est généralisé. Quelques plantes lui échappent toujours, et grainent. Son intervention est cependant avantageuse au point de vue agricole et, à priori, on pourrait songer à l'utiliser comme agent de lutte biologique contre cet hémiparasite. Mais la lutte par des méthodes indirectes donne, avec des moyens bien plus simples, des résultats bien meilleurs au point de vue agricole.

IMPORTANCE AGRICOLE

Beaucoup d'hémiparasites ont tout d'abord attiré l'attention par les dégâts qu'ils causent dans les cultures. C'est le cas de plusieurs Rhinanthacées dans les champs de céréales et dans les prairies en Europe. Le *Striga coccinea* est depuis longtemps connu comme parasite dangereux du Maïs **(89)** et le *Striga hermonthica* nuit aux cultures de

Sorgho et de Penicillaire en Afrique tropicale **(32)**. Le *Thesium humile* se classe lui aussi dans ce groupe des parasites des plantes cultivées et les dégâts qu'il cause dans les céréales en Afrique du Nord ont depuis longtemps préoccupé les milieux agricoles **(135, 138)**.

Ce parasite polyphage se comporte, au point de vue agricole, comme un parasite exclusif des cultures de céréales. On le rencontre indifféremment dans le Blé tendre, le Blé dur, l'Orge et l'Avoine. Les premières phases du développement de la céréale sont tout à fait normales. La levée est régulière. Pendant l'hiver, l'examen superficiel du champ ne permet pas de distinguer l'emplacement des futures taches de *Thesium*. Seule l'observation attentive révèle l'existence de nombreuses plantules du parasite (Pl. VI, fig. 1). Mais les suçoirs sont encore rares et la céréale ne souffre pas de ce simple voisinage.

Le dépérissement par taches de la céréale ne devient apparent qu'à partir du mois d'avril. Sous l'effet combiné du parasite et du manque d'eau ou d'éléments nutritifs, le tallage est réduit, l'allongement des chaumes ralenti. En larges taches (plusieurs ares, parfois 1 hectare), au niveau desquelles le parasite est abondant, la céréale dépérit complètement (Pl. VI, fig. 2). Ces taches à *Thesium* se maintiennent d'année en année aux mêmes points et sont par conséquent tout à fait improductives. Elles coïncident toujours très exactement avec des zones de terrain peu fertiles. Ce sont soit des vallonnements où les eaux de ruissellement déposent du sable, soit plus souvent des terres tuffeuses où la croûte de tuf ne laisse au-dessus d'elle qu'une faible couche de terre végétale, une vingtaine de centimètres au plus. La connaissance de la biologie du parasite permet de comprendre les raisons de cette localisation qui n'est pas fortuite. La présence du *Thesium* provoque le dépérissement complet de la céréale sur toute la surface des taches, mais, en l'absence du parasite, toutes choses égales d'ailleurs, les rendements traduisent la pauvreté du sol et sont au maximum de 4 ou 5 quintaux à l'hectare sur les mêmes points (voir p. 165). Sur l'ensemble d'une parcelle où le parasite se développe par larges taches, la diminution de rendement est importante au point de vue pratique; elle peut être telle que la culture de ces parcelles, à peine rémunératrice avant que le parasite n'en ait pris possession, devient impossible en présence du *Thesium*, la valeur brute de la récolte tombant au-dessous de son prix de revient.

Le Blé souffre plus que l'Orge. Cela ne signifie pas qu'il est moins résistant au parasite. Le parasitisme est le même pour ces deux céréales. Mais l'Orge est en général plus rustique que le Blé, plus apte à se contenter de terres médiocres ou pauvres. Elle domine par conséquent mieux le parasite et réagit moins à sa présence.

Bien que le *Thesium humile* se développe dans la presque totalité

du Bassin méditerranéen, il n'a été l'objet de doléances de la part des agriculteurs qu'en Algérie (135) et en Tunisie (138). En Tunisie, on le rencontre par places sur toute l'étendue du territoire, aussi bien dans les cultures de céréales du Nord que dans celles du Sud, aussi bien dans les régions littorales que loin de la mer, aussi bien dans les cultures indigènes que dans les cultures européennes. Les agriculteurs indigènes, sans soupçonner d'ailleurs son parasitisme, le considèrent comme l'indice de la stérilité du sol et la preuve de l'intérêt qu'ils lui portent en est fournie par la multiplicité des noms sous lesquels ils le désignent, suivant les régions (*Gonfa*, *Grenda*, *Ourchkina*, *Ouria*, *Nehla*, *Mellih*).

Dans les cultures européennes, le *Thesium humile* s'est naturellement développé là où il a trouvé des conditions de milieu favorables, et il a depuis longtemps préoccupé les colons. Mais les doléances à son sujet sont devenues beaucoup plus nombreuses au cours des dernières années. Les raisons en sont multiples. Tout d'abord, le *Thesium* a été peu à peu rendu responsable à juste titre de beaucoup de dépérissements des céréales par taches considérés à l'origine comme conséquence d'affleurements tuffeux. Mais, d'autre part, il y a eu en Tunisie une extension rapide des défrichements dans les terres occupées par l'association végétale du Romarin et par celle du Pin d'Alep, et on a livré aux céréales, après une préparation souvent insuffisante, des terres maigres très favorables au *Thesium*. De 1925 à 1930, ces défrichements ont porté dans leur ensemble sur près de 30.000 hectares par an. Les rendements fournis par ces terres tuffeuses récemment défrichées ont paru rémunérateurs à l'origine. Mais, envahies peu à peu par le *Thesium*, leur production est allée en diminuant. La baisse du prix du Blé au cours des dernières années a encore accentué le déséquilibre entre le prix de revient et le prix de vente pour les terres envahies par ce parasite et les agriculteurs ont eu ainsi tendance à surestimer son importance économique. Pour l'apprécier à sa vraie valeur, il est nécessaire de tenir compte du peu de fertilité des sols qu'il occupe.

PROCEDES DE LUTTE

La question du *Thesium humile* place les agriculteurs devant deux problèmes bien distincts, suivant que leurs terres sont encore indemnes du parasite ou qu'elles sont déjà envahies.

TERRES INDEMNES

Le rôle de l'agriculteur doit se borner dans ce cas à éviter l'introduction du parasite.

Les terres incultes ne sont en général pas envahies. Les défrichements sont donc, le plus souvent, indemnes; d'autre part, il existe beaucoup de champs de céréales où le parasite serait susceptible de se maintenir, mais où il n'a pas encore fait son apparition. Il est donc important de connaître ses modes de dissémination pour les déjouer.

Le seul agent de dissémination du *Thesium humile* est constitué par ses graines. Elles sont couramment véhiculées avec les semences des céréales récoltées, sur des terres envahies, à la moissonneuse-lieuse ou à la moissonneuse-batteuse. Il est donc prudent de veiller au nettoyage des semences originaires de ces terres. Les graines du *Thesium* sont nettement plus petites que les grains de Blé ou d'Orge. Leur élimination par un crible approprié ne présente donc aucune difficulté.

Les graines sont aussi couramment transportées par les animaux. Les moutons notamment pâturent le *Thesium humile*. Les graines mûres traversent le tube digestif de ces animaux sans perdre leur faculté germinative.

En mai 1932, on donne à manger à un jeune mouton gardé à l'étable des graines mûres de *Thesium humile* mélangées à une pâtée de son. On recherche les graines intactes qui ont traversé le tube digestif, on les sèche et on les conserve en tube jusqu'à l'automne. 60 de ces graines sont semées dans du sable en novembre. 23 germent dans le courant de l'hiver. En avril, par tamisage, on en retrouve 37; 4, visiblement encore en bon état, sont capables de germer et 33 sont manifestement mauvaises (amande pourrie ou inexistante). Comme on était parti de graines récoltées en vrac dont beaucoup sont mal formées, cet essai montre que, la plupart, sinon la totalité, des graines qui ne sont pas broyées par les dents ne sont pas touchées par les sucs digestifs.

En pâturant après la moisson les chaumes envahis par le *Thesium*, les animaux disséminent donc les graines avec leurs excréments. De nombreuses observations dans les champs viennent confirmer cette opinion. L'existence de pieds de *Thesium* épars dans les terres incultes, autour des champs de céréales envahis, s'explique en particulier de cette façon.

Ces apports très réduits de graines par la semence ou par les troupeaux ont une importance très différente suivant la nature du sol où ils se produisent. Si la terre est fertile, bien adaptée à la culture des céréales, ils sont sans danger. Les rares plantules qui en résulteront seront dominées dès l'hiver par la céréale vigoureuse et disparaîtront sans grainer. Les bonnes terres à céréale n'ont rien à craindre du *Thesium*, qui ne peut jamais y apparaître que de façon accidentelle et précaire.

Si, au contraire, la terre est tuffeuse ou sablonneuse par places, des apports de graines, même très réduits, sont à l'origine d'un envahissement rapide du sol par larges taches. Le mécanisme en est facile à imaginer. Soit une terre de coteau superficiellement défrichée, où des affleurements de tuf persistent sous forme de bancs irrégulièrement répartis. Supposons que la semence de Blé utilisée renferme quelques graines de *Thesium*. Ces graines vont être, au point de départ, uniformément réparties sur l'ensemble du champ. Quelques plantules en dérivent, régulièrement disséminées. Là où la terre meuble est profonde, les plantules sont dominées par le Blé, qui se développe normalement en ces points. Elles disparaissent ou restent étiolées et ne grainent pas. Là où le tuf affleure au contraire, le Blé reste clair. Les plantules de *Thesium*, bien éclairées, se développent et grainent. Leurs graines tombent sur place au fur et à mesure de leur maturité. Dans la culture suivante, sans apport nouveau de graines de *Thesium*, les plantules du parasite n'apparaissent déjà que sur les affleurements tuffeux. Il suffit dans ces conditions de trois cultures successives de céréales pour que le *Thesium humile* prenne complètement possession des taches de tuf, y provoque le dépérissement complet de la céréale, les transforme en « taches à *Thesium* ». Les relations entre le tuf et le *Thesium* apparaissent ici avec netteté; elles montrent pourquoi les taches de *Thesium* coïncident si exactement avec les affleurements de tuf, quelle que soit la répartition initiale des graines du parasite. Les terres maigres sont donc toutes susceptibles d'être envahies, si différentes que soient les causes de leur manque de fertilité. Tout apport de graines de *Thesium* dans ces terres est dangereux; il est de nature à en proscrire rapidement la culture des céréales.

Il est d'autre part prudent de n'utiliser dans ces terres que l'assolement biennal : céréale-jachère cultivée. Cet assolement améliore la fertilité du sol et s'oppose à la multiplication rapide des mauvaises herbes annuelles dont se rapproche le *Thesium humile*. La culture des céréales deux ou plusieurs années consécutives sur le même terrain favorise en effet doublement le développement du parasite, en appauvrissant le sol d'une part et en permettant chaque année aux plantes de grainer d'autre part.

TERRES INFESTEES

Les résultats acquis dans l'étude de la biologie du *Thesium humile* permettent de déterminer très exactement les moyens à mettre en œuvre pour éliminer le parasite des terres qu'il infeste. Nous sommes en présence d'un cas précis où les procédés de lutte contre une mauvaise herbe peuvent être basés sur des données d'ordre biologique bien définies.

Amélioration du sol

Puisque le *Thesium humile* est confiné nécessairement dans les terres pauvres, il suffit, pour le faire disparaître complètement et de façon définitive, d'améliorer de façon durable la fertilité du sol. De pareils changements profonds dans la flore, réalisés à l'aide de modifications du milieu, sont souvent utilisés en agriculture. BOITEL en a, dès 1889, montré tout l'intérêt à propos des prairies naturelles. Cette influence du milieu sur la flore domine d'ailleurs la phytosociologie dont l'agriculture applique souvent les données essentielles (KUHNHOLZ-LORDAT — Les méthodes actuelles de la géographie botanique ont-elles une portée pratique ? — 1 brochure, 11 p., 10 fig., Nîmes 1928).

Dans les terres tuffeuses, l'enlèvement du tuf est suffisant pour amener rapidement la disparition du *Thesium*. L'expérience en a été faite en 1932 dans le Nord de la Tunisie, à Sidi-Athman (1). Une terre tuffeuse de coteau était envahie par le *Thesium* par très larges taches, au niveau desquelles le Blé n'arrivait pas à épier. Au cours de l'hiver 1932-1933, le sol est labouré à 40 cm. de profondeur avec une charrue à un seul soc, remorquée par un tracteur. Ce labour coûte à peine 50 francs de plus par hectare qu'un labour normal au trisoc. Il suffit presque partout pour soulever les blocs de tuf, qui sont ensuite cassés et enlevés à la main. La parcelle ainsi détuffée jusqu'à 40 cm. est ensemencée de bonne heure, à l'automne 1933, partie en Avoine, partie en Blé dur. Une fraction non détuffée est également ensemencée en Blé dur et présentait, à la récolte, l'aspect habituel des terres envahies par le *Thesium*. Par contre, dans la partie détuffée, la céréale s'est développée régulièrement partout. Sur les anciennes taches de tuf, un très grand nombre de plantes de *Thesium* sont apparues, preuve de l'abondance des graines dans le sol. Mais toutes ces plantes sont dominées par la céréale. Grêles, étiolées, elles ne grainent pas ou grainent peu. La céréale ne souffre pas de façon sensible de leur présence. Il est hors de doute que le parasite ne pourra pas se maintenir dans ce nouveau milieu, trop favorable à la céréale; d'autant plus que, avec l'assolement biennal utilisé, la jachère cultivée succède à la céréale. En 1935, au cours de l'année de jachère nue, les réserves du sol en graines du parasite vont s'épuiser et la fertilité du terrain va s'accroître encore.

A la suite du détuffage, la disparition du *Thesium humile* est donc beaucoup plus facile à obtenir que celle de la Ravenelle (*Raphanus*

---

(1) Je remercie vivement M. de BUYER de m'avoir permis de suivre les résultats de cette opération culturale effectuée sur sa propriété.

Raphanistrum) ou de la Folle-Avoine (*Avena sterilis*). Ces dernières concurrencent en effet victorieusement des céréales drues, alors que le *Thesium humile*, bien que parasite, se laisse dominer par elles.

L'amélioration durable de la fertilité d'une terre sablonneuse donnerait naturellement les mêmes résultats. Au point de vue agricole, l'opération est beaucoup plus difficile. C'est ici le fumier ou les engrais verts qui peuvent utilement intervenir. Pour beaucoup d'agriculteurs, le fumier est en effet le remède spécifique contre le *Thesium humile*. Mais ce problème d'ordre agronomique sort du cadre du sujet.

Assolement

Sans améliorer la fertilité du sol, on peut songer à faire disparaître le *Thesium humile* d'une terre infestée en empêchant les plantes de grainer pendant plusieurs années consécutives, jusqu'à ce que les réserves de graines que renferme le sol soient épuisées.

Dans les taches de *Thesium*, la terre renferme jusqu'à 2.000 graines par mètre carré. Ce nombre a été déterminé par la méthode de Bruno et Weil (**16**). Un échantillon de terre correspondant à une prise d'essai de surface déterminée (carré de 20 × 20 ou cylindre de 20 ^{cm} de diamètre, sur 20 ou 25 ^{cm} de profondeur) est tamisé sous un courant d'eau, sur un tamis à mailles de 1^{mm}5 qui ne laissent pas passer les graines de *Thesium*. Le refus, après élimination des gros graviers, est versé dans une solution de nitrate de chaux de densité voisine de 1,3. Les particules minérales tombent au fond. Les graines et les débris organiques surnagent. Il est facile d'y choisir les graines de *Thesium* et de les compter.

Cette réserve importante de graines ne s'épuise naturellement pas au cours d'une seule année. Les essais en pot, effectués dans les conditions de milieu les plus favorables, donnent des germinations échelonnées sur deux ans. Dans le sol, la profondeur d'enfouissement intervient pour rendre la germination plus capricieuse encore. Aussi, la proportion des graines qui germent la première année est plutôt inférieure à 50 %. L'assolement biennal (jachère cultivée-céréale) ne suffit donc pas à faire régresser sensiblement le *Thesium humile* des terres qu'il infeste. La deuxième année, par contre, les téguments de toutes les graines sont déjà envahis par des champignons. Ils n'interviennent plus comme facteurs limitants de la germination. On peut admettre dans ces conditions que toutes les graines enterrées à moins de 10 centimètres de profondeur germent au cours de l'hiver, comme dans les essais en pot. Si les façons culturales ont maintenu les graines dans les couches superficielles du sol, un fort pourcentage d'entre elles germeront. Il n'en restera plus assez pour que, la troisième

année, le *Thesium* puisse provoquer le dépérissement de la céréale par taches.

En tenant compte des méthodes culturales utilisées en Tunisie, l'assolement qui s'impose pour arriver à ce résultat est le suivant :

Orge fourrage — Jachère — Céréale

Soit une terre cultivée en céréales et infestée par le *Thesium*. Tout de suite après la moisson, alors que les graines des mauvaises herbes sont encore à la surface du sol, on pratique l'incinération des chaumes. L'observation montre qu'une proportion importante des graines (*Thesium* notamment) est ainsi détruite par la chaleur. Le plus tôt possible après, une façon culturale légère incorpore les graines restantes aux couches superficielles du sol. De bonne heure, à l'automne, on sème de l'Orge destinée à être coupée en vert comme fourrage. Cette Orge est fauchée à la fin du mois de mars, au début du mois d'avril au plus tard, avant que les plantules du *Thesium* qu'elle nourrit aient formé leurs premières graines. Un labour effectué immédiatement après les détruit; il est alors trop tard pour que de nouvelles germinations se produisent. Le sol est maintenu ensuite en jachère cultivée pendant une vingtaine de mois. De novembre à mars, pendant toute la période hivernale favorable à la germination des graines du *Thesium*, on exécute une façon superficielle dès qu'une génération de plantules du parasite apparaît, pour la détruire et préparer une nouvelle levée. En dehors de cette période, on se contente de maintenir le sol propre par les façons aratoires habituelles. A la suite de cette longue jachère, on sème enfin un Blé rustique, qui couvre bien le sol même dans les terres de fertilité médiocre. Les plantes de *Thesium* qu'il nourrit encore en petit nombre sont trop disséminées pour gêner son développement. A partir de ce moment, le résultat acquis peut être conservé avec l'assolement biennal habituel : Jachère cultivée-Céréale. L'assolement triennal précédent ne mérite donc d'être utilisé qu'à titre tout à fait exceptionnel, pour approprier une terre infestée et permettre de revenir à l'assolement biennal, insuffisant à lui seul.

Désherbants sélectifs

En conservant l'assolement biennal habituel : Jachère cultivée-Céréale, on peut faire disparaître le *Thesium humile* des terres infestées en utilisant régulièrement dans la Céréale un désherbant sélectif. On désigne sous ce nom des substances chimiques toxiques pour les plantules d'un certain nombre de mauvaises herbes (Dicotylédones annuelles à germination épigée tout particulièrement), mais qui ne nuisent que de façon transitoire au développement des céréales. Le

type de ces désherbants sélectifs est représenté par l'acide sulfurique employé suivant la méthode mise au point par RABATÉ **(115)**.

Les jeunes plantules du *Thesium humile*, aux stades de développement représentés par les fig. 1 et 2 et même encore par la fig. 3 de la Pl. II, sont définitivement détruites par la pulvérisation de 1.200 l. par hectare d'une solution à 12 % en volume d'acide sulfurique à 60° Baumé. Cette solution tue toutes les plantules de *Thesium* qui sont mouillées par elle, soit sur leur collet, soit au niveau de leur bourgeon terminal. Pratiquement, on supprime ainsi 95 % au moins des plantules, d'après différents essais qui ont été faits sur des parcelles de 1/3 d'hectare à plusieurs hectares (1).

Les feuilles de Blé mouillées par la solution sont tuées aussi. Mais le bourgeon terminal de la plante reste indemne parce qu'il est protégé par 3 ou 4 gaines de feuilles superposées et qu'il est en outre enterré à 1 cm. environ. La végétation du Blé, un moment arrêtée par le traitement, reprend bientôt. Le traitement n'a, par lui-même, aucune répercussion sur le rendement et il peut être utilisé pour lutter contre le *Thesium humile* au même titre qu'il l'est à l'heure actuelle pour lutter contre différentes mauvaises herbes des céréales.

Les huiles moyennes tirées de la distillation du goudron de houille, qui renferment les produits phénoliques de ce goudron, agissent sur les végétaux à la façon de l'acide sulfurique. Elles peuvent lui être substituées comme désherbants sélectifs.

Le *Thesium humile* est aussi remarquablement sensible à la toxicité du chlorate de soude **(22)**. La pulvérisation de 1.200 l. par hectare d'une solution de chlorate de soude à 1 % détruit toutes les plantules de *Thesium* (état de développement des fig. 1 et 2 de la Pl. II). Le toxique est absorbé à la fois par les feuilles et par les racines. Son action est lente, mais très régulière, surtout si le sol est humide. Une solution à 0,5 % (0 gr. 6 de chlorate de soude par mètre carré de terrain) suffit déjà pour détruire des plantules de *Thesium* pourvues seulement de leurs deux feuilles cotylédonaires. Le chlorate de soude est beaucoup moins toxique pour les céréales **(22, 45, 46)**. Pourtant, son action sur ces dernières est irrégulière. Elle varie avec la nature du sol, avec sa fertilité (le nitrate de chaux est un bon antitoxique vis-à-vis du chlorate de soude) et avec sa teneur en eau. Dans les terres pauvres où vit le *Thesium humile*, le Blé ne se relève qu'imparfaitement à la suite du traitement. Dans un essai qui a porté sur 1/3 d'hectare, le rendement de la parcelle traitée au chlorate restait

(1) Ces essais ont pu être faits grâce à la collaboration de MM. DELAPORTE, propriétaire à la Cébala-du-Mornag, et FOURCAUT frères, propriétaires à Bordj-el-Amri, que je suis heureux de remercier ici.

réduit à 1 q. 5 à l'hectare, alors qu'il atteignait 3 quintaux environ sur les parcelles traitées à l'acide sulfurique. Ce dernier chiffre donne le rendement maximum que peut fournir le sol considéré en l'absence de *Thesium*. Il fournit une idée précise du manque de fertilité de ce sol.

Considérations économiques

Sans améliorer la fertilité du sol, on peut donc faire régresser le *Thesium humile* des terres qu'il infeste, au point de rendre ses dégâts pratiquement négligeables. Mais, soit qu'on ait pratiqué l'assolement triennal indiqué, soit qu'on utilise un désherbant sélectif, le parasite ne disparaît pas de façon absolue. On réalise artificiellement, entre la céréale et son parasite, une sorte d'état d'équilibre instable qui sera rompu à la moindre faute culturale : le *Thesium* reprendra à nouveau le dessus. C'est en somme, pour ces terres pauvres, une plante toujours prête à en prendre possession, en déjouant les mesures de défense de l'agriculteur. Ces mesures de défense nécessaires augmentent le prix de revient de la culture des céréales. Or, l'expérience montre que, même en l'absence du parasite, les rendements restent faibles. Ils ne dépassent pas 5 quintaux par hectare au niveau des taches où le Blé disparaît complètement en présence du *Thesium*. Sur l'ensemble d'une parcelle, l'augmentation de rendement qui résulte de la disparition du *Thesium* est fonction de la surface relative des taches. Elle est pratiquement de l'ordre de 2 à 4 quintaux à l'hectare. Au point de vue absolu, elle couvre largement les dépenses engagées pour lutter contre le *Thesium*. Mais les rendements de ces parcelles restent cependant trop faibles pour être rémunérateurs. La culture du Blé dans ces conditions ne paye plus. Au point de vue économique, les terres envahies par le *Thésium* ne peuvent plus, telles quelles, convenir à la culture des céréales. Les frais de leur culture, compte tenu des moyens à mettre en œuvre pour y faire régresser le parasite, dépassent la valeur brute de la récolte qu'elles sont capables de fournir, vu leur manque de fertilité. Si l'on veut y continuer la culture des céréales, il faut donc de toute nécessité en améliorer la fertilité de façon durable. La disparition du *Thesium* s'ensuit nécessairement. Si, par contre, on ne peut agir sur leur fertilité, il faut les abandonner au pâturage ou les consacrer aux cultures arbustives. Il n'y a pas d'autre alternative qui tienne compte à la fois des données techniques et des données économiques du problème. Il était intéressant de montrer en conclusion que le *Thesium humile* n'envahit en définitive que des terres mal adaptées à la culture des céréales ou mal préparées pour cette culture. Il met seulement l'agriculteur dans l'obligation de réparer sa faute initiale. Cette erreur agronomique fut souvent commise au cours des dernières années, lorsque la culture

des céréales était particulièrement rémunératrice. Elle est à l'origine de l'importance qu'a prise la question du *Thesium humile* dans beaucoup d'exploitations. Elle a rendu nécessaire la présente étude dont la conclusion agronomique est simple : les terres qui conviennent bien à la culture des céréales sont à l'abri des attaques du *Thesium humile*.

RÉSUMÉ

SYSTEMATIQUE — MORPHOLOGIE ET ANATOMIE

Le *Thesium humile*, hémiparasite de la famille des Santalacées, est une plante annuelle du Bassin méditerranéen.

Tiges et feuilles. — Ses tiges sont herbacées; elles possèdent des formations secondaires libéro-ligneuses (Pl. III, fig. 1; Pl. IV, fig. 1; Pl. VII, fig. 1; Pl. XV, fig. 1).

Ses feuilles linéaires sont formées de parenchyme chlorophyllien sans tissu palissadique différencié (Pl. IV, fig. 2; Pl. VIII, fig. 1 à 5). Quand la plante vit en parasite sur des Graminées, ses feuilles renferment de très nombreuses concrétions intercellulaires de silice (Pl. IX, fig. 1 à 6 et fig. 9).

Fleurs. — Les fleurs naissent isolément à l'aisselle des feuilles, au-dessus de deux bractées opposées (Pl. IV, fig. 2 et Pl. X, fig. 1). Elles sont régulières, du type 5, apétales, à ovaire adhérent. L'ovaire renferme 3 ovules nus, pendants (Pl. X, fig. 2, 3, 5 et 6 et Pl. XI, fig. 3). Un seul des ovules est pourvu d'un sac embryonnaire, dont l'extrémité antérieure est complètement entourée par le nucelle (Pl. XI, fig. 1). Son extrémité postérieure, de bonne heure dépourvue d'antipodes, forme un long suçoir dans la colonne placentaire (Pl. XI, fig. 4). L'ovule fertile des *Thesium* (Pl. XI, fig. 1, 4, 5 et 9, la dernière d'après Guignard), celui de l'*Osyris alba* (Pl. XI, fig. 8, d'après Guignard) et celui du *Santalum album* (Pl. XI, fig. 7, d'après Guignard) sont très dissemblables. Ils forment pourtant un ensemble homogène par enchaînement. Si l'on tient compte de l'orientation de l'embryon dans le fruit mûr, qui est la même chez toutes les Santalacées, quelle que soit la forme de l'ovule ou celle du sac embryonnaire, il faut conclure que l'ovule des Santalacées est, en fait ou en puissance, un ovule campylotrope.

Fruit. — Le fruit est un akène (Pl. X, fig. 4 et Pl. XII, fig. 4). Le noyau secondaire du sac embryonnaire se divise en deux. L'un de ces deux noyaux reste dans le suçoir (Pl. XI, fig. 2, en n). L'autre donne

l'albumen, qui fait éclater les tissus du nucelle et se forme à nu dans la cavité ovarienne. L'embryon se différencie au sein de l'albumen et s'oriente de bonne heure suivant l'axe du fruit, sa radicule dirigée vers le style (Pl. XI, fig. 2, 5 et 6; Pl. XII, fig. 1). La graine est donc constituée par un embryon bien différencié et par de l'albumen à réserves formées surtout de grains d'aleurone (Pl. XIV, fig. 6 et 7). Elle est dépourvue de téguments propres. Elle est entourée par les parois du fruit formées d'une coque de sclérenchyme et d'une couche externe de parenchyme chlorophyllien desséché (Pl. XII, fig. 1, 3 et 6; Pl. XIII, fig. 1 et 2). Le sclérenchyme, qui se différencie aux dépens du mésocarpe des carpelles (Pl. X, fig. 6), montre, sous le style, trois lignes de déhiscence saillantes formées de sclérenchyme à cellules allongées (Pl. XII, fig. 2 et 5; Pl. XIII, fig. 4). Anatomiquement et biologiquement, cet akène se rapproche des drupes des autres Santalacées.

Racine. — Le système radiculaire a sensiblement l'importance de celui d'une plante autotrophe de même développement aérien. Les poils absorbants sont peu développés (Pl. XIV, fig. 2 et 4). La structure primaire des racines est normale. Les formations secondaires libéro-ligneuses apparaissent seules (Pl. XV, fig. 4 et Pl. XVII, fig. 1).

Suçoirs. — Les suçoirs sont nombreux et distribués sans ordre (Pl. V, fig. 1 à 3 et Pl. XV, fig. 3). Ils ne se fixent que sur des racines vivantes. Ils prennent naissance latéralement, par hypertrophie simultanée de l'écorce et du cylindre central de la racine (Pl. XV, fig. 3, en b, c et j, et fig. 5). Ils sont formés par un ou plusieurs replis préhenseurs et par une région centrale, génératrice du cône de pénétration. Les vaisseaux du bois établissent une liaison directe entre le bois du parasite et celui de la plante-hôte. Les suçoirs ne possèdent pas de tubes criblés (Pl. XV, fig. 2; Pl. XVI, fig. 1 à 7; Pl. XVII, fig. 2 à 4).

BIOLOGIE

Germination. — Dans la terre, le terreau ou le sable, les graines (sens vulgaire du mot) germent en l'absence de toute racine de plante-hôte.

Les graines à sclérenchyme intact, stérilisées au sublimé ou par frottement, ne germent pas en milieu aseptique. Mais toute lésion mécanique ou corrosion chimique qui diminue la résistance du sclérenchyme permet la germination.

Dans la nature, les graines ne germent que si des micro-organismes ont envahi leurs enveloppes, pénétré à travers le sclérenchyme jusqu'à la surface de l'albumen (Pl. XIV, fig. 8 et 9), et réalisé ainsi l'attaque biologique du sclérenchyme, qui remplace les lésions mécani-

ques ou la corrosion chimique nécessaires *in vitro*, en milieu aseptique.

Les micro-organismes, dont l'intervention est ainsi rigoureusement nécessaire, appartiennent à des espèces banales, agents normaux de la décomposition des débris végétaux dans le sol. Ce sont des champignons plutôt que des bactéries.

La germination des graines a été obtenue, *in vitro*, dans du sable (Pl. XVIII, fig. 1), en présence d'espèces déterminées de champignons. L'*Alternaria tenuis* a donné les résultats les plus probants. Quoique moins rigoureux, les résultats obtenus avec le *Plaeospora herbarum* (*Macrosporium commune*), le *Cladosporium herbarum*, le *Rhizopus nigricans*, le *Penicillium glaucum*, le *Stachybotrys lobulata* ou une espèce voisine, un *Scolecotrichum* et un deuxième *Plaeospora* indéterminés, rendent très vraisemblable l'intervention de ces différentes espèces.

Les Polyporées attaquent le sclérenchyme plus lentement que les espèces précédentes. Le *Polyporus ostreatus* a permis d'obtenir, *in vitro*, la germination des graines.

Les bactéries du rouissage, qui agissent sur la lamelle moyenne des cellules, n'ont pas donné de résultats concluants.

Les enveloppes des graines sont perméables à l'eau. La résistance que le sclérenchyme oppose au gonflement de l'amande est l'obstacle essentiel de la germination. Cette résistance limite l'absorption de l'eau par l'amande, de telle sorte que les phénomènes diastasiques de solubilisation des réserves qui précèdent le réveil de l'embryon ne peuvent pas se produire. Tous les facteurs qui diminuent cette résistance permettent la germination. De même, l'action, sur la germination, des facteurs qui influent sur la valeur de la pression osmotique du suc cellulaire, dépend de cette résistance.

Les résultats expérimentaux obtenus ne peuvent pas, dans leur ensemble, être interprétés en fonction d'une perméabilité insuffisante des téguments à l'oxygène ou au gaz carbonique.

Il existe de nombreuses analogies entre les graines du *Thesium humile* et celles de beaucoup d'autres espèces pour lesquelles les enveloppes, bien que perméables à l'eau, constituent un obstacle à la germination. Les conclusions établies pour les graines du *Thesium humile* s'appliquent sans doute à beaucoup d'entre elles.

Au moment de leur récolte, les graines du *Thesium humile* sont incapables de germer (graines « fraîches » ou état d'inhibition primaire).

Le séjour des graines à l'humidité, à température inférieure à 20°,

provoque l'accumulation dans l'amande de substances qui s'opposent à la germination (état d'inhibition secondaire). Ces substances ne se forment pas lorsque la température dépasse 20°. Ce sont des produits de la respiration autres que le gaz carbonique. Il faut les rapprocher de l'aldéhyde éthylique, dont le pouvoir inhibiteur a été établi par MAZÉ.

L'état d'inhibition primaire et secondaire disparaît au cours de l'été. Ces phénomènes d'inhibition jouent un rôle très important dans la nature.

Les graines ne germent qu'entre des limites de température déterminées. Le maximum est de 18 à 20°. Il varie suivant l'état des graines. Le minimum est inférieur à 10°. La température hivernale des couches superficielles du sol, en Tunisie, est toujours supérieure à ce minimum.

Les graines enterrées à plus de 10 cm. ne germent pas.

Evolution. — Dans les champs, les plantules apparaissent à partir du mois de novembre. La température trop élevée empêche des germinations plus précoces. Les levées les plus importantes s'observent en décembre et janvier. Les phénomènes d'inhibition secondaire ralentissent les germinations dès février et les arrêtent complètement en mars.

Le développement hivernal est très lent. Mais, dès que la température se relève, la végétation s'accélère. La floraison commence en avril. Floraison et fructification se poursuivent jusqu'en mai ou juin. Le cycle d'évolution du *Thesium humile* est caractérisé par sa brièveté.

En l'absence de plante-hôte, les plantules jaunissent lentement et dépérissent en deux ou trois mois, sans fleurir. Le parasitisme est donc absolument nécessaire.

Plantes-hôtes. — Le *Thesium humile* est un parasite polyphage. Dans la nature, ses suçoirs ont été observés sur les racines de 32 espèces de Phanérogames, appartenant à 13 familles différentes. Son développement complet a été obtenu, en pot, en présence de 66 espèces appartenant à 23 familles distinctes, réparties dans l'ensemble de l'embranchement des Phanérogames.

Relations entre le parasite et l'hôte. — Les suçoirs ne se forment qu'au voisinage d'une racine nourricière. Formation des suçoirs sur les racines des Phanérogames parasites et germination des graines de certains parasites (Orobanches, *Lathraea*), lorsque cette germination

aboutit à la formation immédiate d'un suçoir, sont des phénomènes comparables. Ils semblent soumis aux mêmes règles.

Les suçoirs prennent à l'hôte de l'eau et des matières minérales. Le passage des matières minérales est démontré par la formation de concrétions de silice dans les feuilles des plantes parasites sur des Graminées.

L'absence de tubes criblés dans les suçoirs ne permet pas de conclure que les matières organiques ne passent pas de l'hôte au parasite. La fonction chlorophyllienne s'exerce normalement dans les organes verts du *Thesium humile*, dont l'héliophilie est très accusée. Cet hémiparasite se comporte, à ce point de vue, comme toutes les autres espèces de ce groupe biologique. Sa nutrition carbonée semble donc être indépendante de celle de l'hôte. Pourtant, la suppression des organes aériens de ce dernier s'oppose au développement normal du parasite. L'intervention de « substances de croissance » est suggérée.

Des essais de culture sur milieux minéraux, avec ou sans glucose, n'ont pas permis d'obtenir un développement du *Thesium* supérieur à celui que l'on observe dans du sable, en pot.

Le *Thesium humile* gêne peu le développement de ses hôtes en terrain fertile. Si les disponibilités du sol en aliments minéraux et surtout en eau sont limitées, le parasite provoque le dépérissement de ses hôtes.

Relations entre le parasite et le milieu. — Le *Thesium humile* est confiné dans les terres pauvres (tuffeuses ou sablonneuses) par l'effet combiné de la lenteur de son développement hivernal et de son héliophilie très accusée.

Maladies. — Le *Sphaerella Thesii* (Pl. IV, fig. 3 et Pl. XVIII, fig. 2 à 4) est un parasite très virulent du *Thesium humile*. Il attaque les feuilles et les tiges des plantes, qu'il couvre d'une croûte noire dans laquelle se différencient les périthèces. Sur les plantes attaquées, les graines ne mûrissent pas. Ce parasite limite le développement du *Thesium* sans parvenir à le faire disparaître. Son utilisation agricole serait possible, mais elle n'est pas nécessaire.

Le *Thesium humile* n'a pas d'autres ennemis notables.

Importance agricole. — Le *Thesium humile* ne cause de dégâts qu'aux cultures de céréales, dans lesquelles il se développe par larges taches qui coïncident avec des affleurements tuffeux ou avec des zones sablonneuses. Là où il est abondant, la céréale dépérit complètement (Pl. VI, fig. 2). La pauvreté du sol et le parasitisme du *Thesium* conjuguent leurs effets.

Procédés de lutte. — Les graines du *Thesium humile* traversent le tube digestif des animaux, qui jouent par conséquent un rôle important dans leur dissémination. Tout apport de graines est dangereux pour les terres maigres encore indemnes.

Dans les terres infestées, l'amélioration de la fertilité du sol entraîne la disparition du parasite, en créant de nouvelles conditions de milieu incompatibles avec son maintien.

Un assolement triennal spécial, ou l'emploi des désherbants sélectifs, en empêchant le *Thesium* de grainer pendant deux années consécutives au moins, font régresser le parasite. Mais le sol reste toujours sous la menace d'une nouvelle invasion et la culture des céréales dans ces conditions n'est pas rémunératrice, la fertilité du sol étant insuffisante.

Les terres infestées doivent donc être, soit améliorées, soit utilisées pour des cultures différentes. Il n'y a pas d'autre alternative qui tienne à la fois compte des données techniques et des données économiques du problème.

Le *Thesium humile* n'envahit en définitive que des terres mal adaptées à la culture des céréales ou mal préparées pour cette culture. Il met l'agriculteur dans l'obligation de réparer une faute initiale d'ordre agronomique.

***

Ce travail a été entrepris à la demande des colons de Tunisie, en raison des dégâts que le *Thesium humile* cause à leurs cultures. Il a été poursuivi, durant six années consécutives, au Laboratoire de Botanique et Pathologie végétale de l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis, sous les auspices et avec les subventions de l'Office de l'Expérimentation et de la Vulgarisation agricoles de Tunisie.

La Bibliographie relative à cette monographie qui touche à des sujets très divers, n'a pu être faite qu'en mettant à profit les ressources des Bibliothèques de la Station centrale de Pathologie végétale de Versailles, du Laboratoire de Phanérogamie du Muséum d'Histoire naturelle de Paris, du Laboratoire de Botanique de la Sorbonne, de la Faculté de Pharmacie de Paris, du Centre de Documentation de l'Institut des Recherches agronomiques de Versailles et du Service Botanique et Agronomique de Tunisie, où j'ai trouvé l'accueil le plus aimable et toutes les facilités de travail.

Je tiens à remercier particulièrement M. Delorme, Président de l'Office de l'Expérimentation et de la Vulgarisation agricoles de Tunisie et Président de la Société des Agriculteurs de Tunisie, pour les encouragements qu'il a bien voulu m'accorder pour ce travail. Ces

remerciements s'adressent aussi, sous son nom, à tous les agriculteurs qui m'ont fait bénéficier de leurs observations et en qui j'ai toujours trouvé les collaborateurs précieux sans lesquels aucune recherche de Laboratoire ne peut être transposée dans le domaine agricole.

Mes remerciements vont encore à M. Bœuf, Chef du Service Botanique et Agronomique de Tunisie, qui a été pour moi un guide sûr; à M. Vialas qui, comme Directeur de l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis, a toujours su faciliter mon travail; à MM. Soulmagnon, professeur, Constant et Maingonnat, répétiteurs de Chimie à l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis, pour les analyses chimiques qu'ils ont bien voulu effectuer dans leur laboratoire; à MM. Petit et Montlaur, Chefs de travaux au Service Botanique et Agronomique, qui ont eu l'amabilité de revoir mon manuscrit, et à M. Mironov, Bibliothécaire-traducteur au Service Botanique et Agronomique, à l'obligeance duquel je dois d'avoir pu utiliser un certain nombre de travaux en langue étrangère.

Je n'aurais garde d'oublier mon collaborateur immédiat, M. Serge Lvof, qui s'est acquitté de tâches méticuleuses et souvent ingrates avec une conscience que j'ai le plus grand plaisir à reconnaître.

J'adresse enfin un hommage de respectueuse gratitude à MM. Blaringhem et Dangeard, membres de l'Institut, qui ont bien voulu consentir à s'intéresser à cette étude, ainsi qu'à MM. Foex, Directeur, et Arnaud, Directeur adjoint de la Station centrale de Pathologie végétale de Versailles, auxquels je dois le meilleur de ma formation scientifique et qui ont continué à m'accueillir dans leur Station et à m'encourager comme si je n'avais pas cessé d'être l'un de leurs collaborateurs.

BIBLIOGRAPHIE

1 — Axentjev (B.N.). — Uber die Rolle der Schalen von Samen und Fruchten die auf Licht reagiren (*Beih. z. Bot. Centralbl.*, **46**, p. 119-202, 21 fig., Bibl., 1930).

2 — Barber (C.A.). — Studies in root-parasitism, I. (*Mem. of the Dep. of Agric. in India, Bot. Ser.*, **1**, 30 p., 7 Pl., 1906).

3 — Barber (C.A.). — Studies in root-parasitism, II. The haustorium of *Santalum album* (*Mem. of the Dep. of Agric. in India, Bot. Ser.*, **1**, 58 p., XVI pl., 1906).

4 — Barber (C.A.). — Studies in root-parasitism, III. The haustorium of *Olax scandens* (*Mem. of the Dep. of Agric. in India, Bot. Ser.*, **2**, 47 p., XII pl., 1907).

5 — Barber (C.A.). — Studies in root-parasitism, IV. The haustorium of *Cansjera Rheedii* (*Mem. of the Dep. of Agric. in India, Bot. Ser.*, **2**, 37 p., XI pl., 1907).

6 — Bartzinsky (R.M.). — Contribution à l'étude de la physiologie de la germination des graines de l'*Orobanche cumana* (*Cultures oléagineuses*, n° 2-3, p. 42-47, 7 fig., Krasnodar, 1932) (en russe).

7 — Battandier et Trabut. — Flore de l'Algérie, I, p. 785, 1888.

8 — Beauverd (M.C.). — Monographie du genre *Melampyrum* (*Mem. d. l. Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève*, **38**-6, p. 291-657, 25 fig., Bibl., 1916).

9 — Bernard (Ch.). — Sur l'embryogénie de quelques plantes parasites (*Journ. de Bot.*, **17**, p. 23-32, 62-68, 117-137 et 168-197, 8 pl., Bibl., 1903).

10 — Boeshore (I.). — The morphological continuity of Scrophulariacae and Orobanchacae (*Contrib. Bot. Lab. Univ. of Pensylvania*, **5**, p. 139-177, pl. XII-XVI, 1920). (An. in *Bot. Abst.*, 11, n° 1586, 1922.)

11 — Bonnet (Ed.) et Barratte (G.). — Catalogue raisonné des plantes vasculaires de la Tunisie, p. 378, 1896.

12 — Bonnier (G.). — Sur l'assimilation des plantes parasites à chlorophylle (*C.R. de l'Acad. des Sc.*, **113**, p. 1074, 1891).

13 — Bonnier (G.). — Flore complète illustrée. *Santalaceae*, **9**, p. 108-110, Paris, sans date.

14 — Bouillenne (R.) et Went (F.). — Recherches expérimentales sur la néo-formation des racines dans les plantules et les boutures des plantes supérieures (*An. du Jard. Bot. de Buitenzorg*, **43**, 178 p., 22 pl., 1933 et *Arch. de l'Inst. de Bot. de l'Un. de Liège*, **10**, 1933).

15 — Brandt (E.). — Nonnula de parasitis quibusdam phanerogamicis observata (*Linnaea*, **6**, p. 81-128, 1 pl., 1849).

16 — Bruno (A.) et Weil (R.). — Analyse macrobiologique du sol (*C.R. de l'Acad. d'Agric.*, **13**, p. 683-689, 1927).

17 — Burollet (P.A.). — Le Sahel de Sousse. Monographie phytogéographique (*An. du Serv. Bot. de Tunisie*, **4**-2, 270 p., 8 pl., 1927).

18 — Candolle (A. de). — Prodromus. *Santalaceae*, **14**, p. 619-692, 1856-57.

19 — Cappelletti (C.) — Ricerche sulla germinazione dei semi di Orobanche (*N. Giorn. Bot. Italiano, n.s.*, **41**-2, 1934).

20 — Caspary. — Ueber Samen, Keimung, Specien und Nährpflanzen der Orobanchen (*Flora, Neue Reihe*, **12**-1, p. 577-588 et 593-603, 1854).

21 — Caullery (M.). — Le parasitisme et la symbiose, 400 p., 53 fig., Paris 1922.

22 — Chabrolin (Ch.). — Le désherbage sélectif des céréales par le chlorate de soude (*C.R. de l'Ac. d'Agric.*, **19**, p. 1035-1040, 1933 et **20**, p. 786-791, 1934).

23 — Chabrolin (Ch.). — La germination des graines d'Orobanche (*C.R. de l'Acad. des Sc.*, **198**, p. 2275, 1934).

24 — Chabrolin (Ch.). — La germination des graines de *Thesium humile* exige l'intervention de champignons saprophytes (*C.R. de l'Acad. des Sc.*, **199**, p. 225, 1934).

25 — Chabrolin (Ch.). — Le *Thesium*, parasite des céréales. Biologie et procédés de lutte (*La Tunisie agricole*, **35**, p. 165-168, 1934).

26 — Chatin (Ad.). — Sur le parasitisme des Rhinanthacées (*Bul. de la Soc. Bot. de France*, **3**, p. 14-18, 1856).

27 — Chatin (Ad.). — Anatomie des Santalacées ou Thésiacées (*Bul. de la Soc. Bot. de France*, **4**, p. 978-982, 1857).

28 — Chatin (Ad.). — Anatomie comparée des végétaux. Plantes parasites, 560 p., 110 pl., Paris 1892.

29 — Chauveaud (G.). — Moyen d'assurer et de rendre très active la germination des vignes (*C.R. de l'Acad. des Sc.*, **118**, p. 211, 1894).

30 — Chemin (E.). — Observations anatomiques et biologiques sur le genre *Lathraea* (*An. des Sc. nat., Bot.*, **10**-2, p. 125-272, 1 pl., 88 fig., Bibl., 1920).

31 — CHEMIN (E.). — Germination des graines de *Lathraea clandestina* L. (*Bul. de la Soc. Bot. de France*, **72**, p. 1031-1042, 3 fig., 1925).

32 — CHEVALIER (A.). — Sur une Scrophulariée (*Striga hermonthica*), parasite des céréales en Afrique tropicale (*C.R. de l'Ac. des Sc.*, **189**, p. 1308, 1929).

33 — CHVETZ-ZAVGORODNY. — Nos succès dans l'étude de l'Orobanche (*Cultures oléagineuses*, n° 2-3, p. 40-41, Krasnodar 1932) (en russe).

34 — COMBES (R.). — Détermination des intensités lumineuses optima pour les végétaux aux divers stades du développement (*An. Sc. nat.*, **9-11**, p. 75, 1910).

35 — COMBES (R.). — Sur une méthode de culture des plantes supérieures en milieux stériles (*C.R. de l'Acad des Sc.*, **154**, p. 891, 1912).

36 — COMBES (R.). — Recherches biochimiques expérimentales sur le rôle physiologique des glucosides I. Etude prélimitaire (*Rev. Gén. de Bot.*, **29**, p. 321-332 et 353-375, 3 pl., 1917 et **30**, p. 5-15, 33-49, 70-92, 106-124, 146-156, 177-204, 226-237, 245-269, 283-300, 321-332, 355-365, 4 pl., 1918).

37 — COUPIN (H.). — Sur la résistance des graines à l'immersion dans l'eau (*C.R. de l'Acad. des Sc.*, **126**, p. 1365, 1898).

38 — COUPIN (H.). — Le gonflement des graines et la pression osmotique du milieu (*C.R. de l'Acad. des Sc.*, **177**, p. 971, 1923).

39 — CRÜGER (H.). — Westindische Fragmente — El Cauto (*Bot. Zeitung*, **15**, p. 281-292 et 297-308, 2 pl., 1857).

40 — DECAISNE. — Sur le parasitisme des Rhinanthacées (*An. des Sc. nat., Bot.*, **3-8**, p. 5-9, 1847).

41 — DUFRENOY (J.). — Le vacuome des cellules périvasculaires (*Protoplasma*, **11**, p. 303-311, 6 fig., 1930).

42 — DURAND (Th.). — Index generum phaneroganum, 1888.

43 — EWART (M.F.). — On the staminal hairs of *Thesium* (*Ann. of. Bot.*, **6**, p. 271-290, 1 pl., 1892).

44 — FRAYSSE (A.). — Contribution à la biologie des plantes phanérogames parasites. Thèse, 178 p., 51 fig., 1906.

45 — FRON (G.). — Sur la destruction de la renoncule des champs dans les céréales (*C.R. de l'Acad. d'Agric.*, **19**, p. 892-898, 1933).

46 — FRON (G.) et BERTRAND (R.). — Contribution à l'étude de l'influence des chlorates sur la végétation (*An. Agron.*, **4**-1, p. 1-25, 8 fig., Bibl., 1934).

47 — GAUTIER (L.). — Sur le parasitisme du *Melampyrum pratense* (*Rev. Gén. de Bot.*, **20**, p. 66-84, 21 fig., 1908).

48 — GIBSON (R.J.H.). — On the siliceous deposit in the cortex of certain species of Selaginella (*Ann. of Bot.*, **7**, p. 355-366, 1 pl., 1893).

49 — Goertz (O.). — Untersuchugen über die Haustorien-bildung bei *Cuscuta* (*Centralbl. Bak.*, **2-51**, p. 287-313, 1920) (An. in *Bot. Abst.*, **8**, 2188, 1921).

50 — Grandeau et Bouton. — Etude chimique du Gui (*C.R. de l'Acad. des Sc.*, **84**, p. 500, 1877).

51 — Granel. — Origine des suçoirs des plantes parasites (*Bul. de la Soc. Bot. de France*, **34**, p. 313-321, 2 pl., 1887).

52 — Guignard (L.). — Observations sur les Santalacées (*An. des Sc. nat.*, *Bot.*, **7-2**, p. 180-202, 3 pl., Bibl., 1885).

53 — Heinricher (E.). — Die grünen Halbschmarotzer, I, *Odontites*, *Euphrasia und Orthantha* (*Prings. Jahrb. f. wiss. Bot.*, **31**, p. 77-124, 1 pl., 1898).

54 — Heinricher (E.). — Die grünen Halbschmarotzer, II, *Euphrasia*, *Alectorolophus* und *Odontites* (*Prings. Jahrb. f. wiss. Bot.*, **32**, p. 389-452, 2 pl., 1 fig., 1898).

55 — Heinricher (E.). — Zur Entwickelunggeschichte einiger grünen Halbschmarotzer (*Ber. d. deutsch. Bot. Ges.*, **17**, p. 244-247, 1899).

56 — Heinricher (E.). — Die grünen Halbschmarotzer, III, *Bartschia* und *Tozzia* (*Prings. Jahrb. f. wiss. Bot.* **36**, p. 665-752, 2 pl., 7 fig., 1901).

57 — Heinricher (E.). — Die grünen Halbschmarotzer, IV, Nachträge zu *Euphrasia*, *Odontites* und *Alectorolophus* (*Prings. Jahrb. f. wiss. Bot.*, **37**, p. 264-337, 2 pl., 1902).

58 — Heinricher (E.). — Die grünen Halbschmarotzer, V, *Melampyrum* (*Prings. Jahrb. f. wiss. Bot.*, **46**, p. 273-376, 6 pl., 6 fig., 1909).

59 — Heinricher (E.). — De la germination des graines des plantes parasites, en particulier de celles des Rhinanthacées (*Rev. Gén. de Bot.*, **21**, p. 329-334, 1909).

60 — Heinricher (E.). — Die Aufzucht und Kultur der parasitischen Samenpflanzen, 53 p., 8 fig., 1910.

61 — Heinricher (E.). — Zum Parasitismus der Rhinantheen (*Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch.*, **40**, p. 174-177, 1922 et **42**, p. 243-251, 1924).

62 — Heinricher (E.). — Ist für die Anlage der Haustorium der Santalaceen Chemische Reizung oder Kontalt wirksam ? (*Sitz. Ber. Akad. d. Wiss. Wien, Math.-nat. Kl.*, Abt. I, **135**, p. 43-50, 7 fig., 1926).

63 — Heinricher (E.). — Wie steht es mit den Beweisen für die Behauptung E. Chemin's dass eine chemische Reizung durch ein lebendes Nährobjekt für die Samen von *Lathraea clandestina* unnötig sei (*Beit. z. Biol. d. Pflanzen*, **18**, p. 1-16, 1 pl., 1 fig., 1930).

64 — HENSLOW. — In *Gardners' chronicle*, p. 635-636, 1848. (Voir aussi *Gardners' chronicle*, p. 523, 1847 et *Botan. Zeitung*, **7**, p. 16, 1849.)

65 — HERBERT (D.A.). — The parasitism of *Olax imbricata* (*Philippine Agr.*, **11**, p. 17-18, 1 fig., 1922) (An. in *Bot. Abst.*, **12**, 2048, 1923).

66 — HERBERT (D.A.). — The root parasitism of western Australian Santalaceae (*Journ. Roy. Soc. West. Aust.*, **11**, p. 127-149, 5 fig., 1924-25) (An. in *Bot. Centralbl.*, **151**-9, p. 260, 1927).

67 — HILL (A.W.). — The genus *Thesium* in south Africa, with a Key and descriptions of new species (*Bul. of. Micel. Inf.*, p. 1-43, 2 pl., 1915).

68 — HILL (A.W.). — Notes on south African Santalaceae (*Bul. of Micel. Inf.*, p. 97-102, 1925).

69 — HOCQUETTE (M.) et ARSIGNY (L.). — Sécrétion, par le méristème caulinaire de *Cuscuta epithymum*, de substances nocives pour les tissus des hôtes (*C.R. de l'Acad. des Sc.*, **192**, p. 764, 1931).

70 — HOFMEISTER (W.). — Neuere Beobachtungen über Embryobildung der Phanerogamen (*Prings. Jahrb. f. wiss. Bot.*, **1**, p. 82-188, **4** pl., 1858).

71 — HOFMEISTER (W.). — Neue Beiträge zur Kenntniss der Embryobildung der Phanerogamen (*Abh. d. k. Sächs. Gesells. d. Wissensch.*, **5**, p. 535-760, 25 pl., 1861).

72 — HOLMAN (R.M.) and ROBBINS (W.W.). — A Textbook of general botany, 2e ed., 624 p., 415 fig., New-York 1927 (p. 304-305).

73 — HOVELACQUE (M.). — Recherches sur l'appareil végétatif des Bignoniacées, Rhinanthacées, Orobanchées et Utriculariées, 765 p., 651 fig., Paris 1888.

74 — HOWARD (W.L.). — Etude expérimentale sur la période de repos des plantes. 4e rapport. Les graines (*Un. of Missoury, College of Agric., Research Bul.* n° 17, p. 3-58, 1915) (An. in *Rev. Int. Agric. de Rome*, **2**, p. 1727-1731, 1915).

75 — IRMISCH (Th.). — Kurze botanische Mittheilung, 2, Keimpflanzen von *Thesium montanum* (*Flora Jahrg.*, *Neue Reihe*, **11**, p. 522-523, pl. 7, 1853).

76 — JAHANDIEZ (E.) et MAIRE (R.). — Catalogue des plantes du Maroc (**2**, p. 171, 1932).

77 — KINZEL (W.). — Uber den Einfluss des Lichtes auf die Keimung. Lichtarte Samen. (*Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch.*, **25**, p. 269-276, 1907).

78 — KINZEL (W.). — Die Wirkung des Lichtes auf die Keimung (*Ber. d. deutsch Bot. Gesellsch.*, **26** a, p. 105-115, 1908).

79 — KINZEL (W.). — Lichtkeimung (*Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch.*, **26** a, p. 631-645, 1908; **26** a, p. 654-665, Bibl., 1908 et **27**, p. 536-545, 1 pl., 1909).

80 — KINZEL (W.). — Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung, 170 p., 4 fig., 1 pl., Stuttgart 1913; 71 p., Stuttgart 1915 et 187 p., 1 fig., Stuttgart 1920.

81 — KINZEL (W.). — Neue Tabellen zu Frost und Licht als beeinflussende Kräfte bei der Samenkeimung, 80 p., Stuttgart, sans date.

82 — KLEIN (G.). — Handbuch der Pflanzenanalyse, 1933.

83 — KLEIN (G.) und KISSER (J.). — Die sterile Kultur der höheren Pflanzen, 64 p., 20 fig., Jena 1924.

84 — KNORZ. — Ueber den von H. Decaisne angebenen Parasitismus der Rhinanthaceen (*Bot. Zeit.*, **6**, p. 239-240, 1848).

85 — KOCH (L.). — Entwickelunggeschichte der Orobanchen, 389 p., 12 pl., Heidelberg 1887.

86 — KOCH (L.). — Zur Entwickelunggeschichte der Rhinanthaceen (*Prings. Jahrb. f. wiss. Bot.*, **20**, p. 1-37, 1 pl., 1889 et **22**, p. 1-33, 1 pl., 1891).

87 — KOSTYTSCHEW (S.). — Über die Ernährung der grünen Halbschmarozter (*Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch.*, **40**, p. 273-279, 1922).

88 — KOSTYTSCHEW (S.). — Untersuchungen über die Ernährung der grünen Halbschmarotzer (*Beih. z. Bot. Zentralbl.*, **40**, p. 351-373, 1924).

89 — KUNZE. — Ueber eine bisher unbeachtete Eigenthümlichkeit der Würzeln von *Thesium* und einiger anderen Santalaceen (*Bot. Zeit.*, **5**, p. 361-370, 1847). (Voir aussi *Bot. Zeit.* **6**, p. 25, 1848).

90 — KUSANO (S.). — Studies on the parasitism of Buckleya quadriala, a Santalaceous parasite, and on the structure of its Haustorium (*Journ. of Col. of Sc. Imp. Un. Tokyo*, **17**, 1902).

91 — LAURENT (J.). — Recherches sur la nutrition carbonée des plantes vertes à l'aide de matières organiques (*Rev. Gén. de Bot.*, **16**, p. 14-48, 66-80, 96-112, 155-166, 188-202, 231-241, 7 pl., 1904).

92 — LECLERC DU SABLON. — Recherches sur les organes d'absorption des plantes parasites (Rhinanthées et Santalacées (*An. des Sc. nat., Bot.*, **7-6**, p. 91-117, 3 pl., 1887).

93 — LECLERC DU SABLON. — Sur les poils radicaux des Rhinanthacées (*Bul. de la Soc. Bot. de France*, **35**, p. 81-82, 1888).

94 — LEHMAN (E.) und AICHELE (F.). — Keimungsphysiologie der Gräser, 678 p., 152 fig., Stuttgart 1931.

95 — LIGNIER (O.). — Observations biologiques sur le parasitisme du « *Thesium divaricatum* var. *humifusum* » (*Bul. de la Soc. Lin. de Normandie*, 4e série, **3**, p. 268-281, 1889).

96 — LOYER. — Emploi des chlorates pour la destruction des herbes dans les céréales de printemps (*C.R. de l'Acad. d'Agric.*, **9**, p. 957-960, 1923).

97 — MAQUENNE (L.). — Sur la pression osmotique dans les graines germées (*C.R. de l'Acad. des Sc.*, **123**, p. 898, 1896).

98 — MAQUENNE (L.). — Sur le poids moléculaire moyen de la matière soluble dans les graines en germination (*C.R. de l'Acad. des Sc.*, **125**, p. 576, 1897).

98bis — MAZÉ (P.). — Maturation provoquée des graines. Action antigerminative de l'aldéhyde éthylique (*C.R. de l'Acad. des Sc.*, **151**, p. 1383, 1910).

99 — MIRANDE (M.). — Recherches physiologiques et anatomiques sur les Cuscutacées, Thèse, 280 p., 16 pl., 24 fig., Paris 1900).

100 — MITTEN (W.). — On the Economy of the roots of *Thesium linophyllum* (*Hooker London Journ. of Bot.*, **6**, p. 146, pl. 4, 1847) (Traduction complète dans *An. des Sc. nat., Bot.*, **3-7**, p. 127-128, 1 pl., 1847).

101 — MODILEWSKI (J.S.). — Die embryologische Enwickelung von *Thesium intermedium* L. (*Bul. Jard. Bot. Kieff*, **7-8**, p. 65-70, 1 pl., 1928).

102 — MOLLIARD (M.). — Nutrition de la plante. Echanges d'eau et de substances minérales, 395 p., Paris 1921.

103 — MOLLISCH (H.). — Mikrochemie der Pflanzen, Jena, 1923.

104 — MOSS (E.H.). — Parasitism in the genus *Comandra* (*New Phytologist*, **25**, p. 264-276, 9 fig., 1926).

105 — MUNERATI (G.). — La conservazione della vitalità dei semi delle piante spontanee in superficie del suolo (*Nuovi An. del Min. per l'Agric.*, **2**, p. 243-249, 1922).

106 — MUNERATI (G.). — Sulla conservazione della vitalità dei semi delle piante spontanee negli strati profondi del suolo (*A. d. Soc. Agron. Ital.*, **4-5**, 1924).

107 — MUNERATI (O.) e ZAPPAROLI (T.V.). — L'alternanza della umidità e della siccità sulla germinazione dei semi delle piante spontanee (*Le Staz. Sper. Italiane*, **46**, p. 157-195, 1913).

108 — NETOLITZKY (F.). — Die Kieselkörper (In *Linsbauer Handb. d. Pflanzenan.*, **25**, 1929).

109 — NICOLOFF (T.). — Contribution à la physiologie de la nutrition des parasites végétaux supérieurs (*Rev. Gén. de Bot.*, **35**, p. 545-552 et 593-601, 1923).

110 — NIETHAMMER (A.). — Lichtkeimungs-probleme in Zusammenhang mit physiologisch-anatomischen Studien (*Beih. z. Bot. Centralbl.*, **47**, p. 346-358, 1931) (An. in *An. biol.*, **7**, p. 559, 1932).

111 — OUDEMANS. — Enumeratio Systematica fungorum (Genre *Thesium*, **2**, p. 969, 1920).

112 — PIERCE (G.P.). — On the structure of the Haustoria of some Phanerogamic (*An. of Bot.*, **7**, p. 290-327, 3 pl., 1893).

113 — PITRA (A.). — Ueber die Anheftungsweise einiger phanerogamen Parasiten an ihre Nährpflanzen (*Bot. Zeit.*, **19**, p. 53-58, 61-67 et 69-74, 14 fig., 1861).

114 — PLANCHON. — Sur le parasitisme de l'*Osyris alba* (*C.R. de l'Acad. des Sc.*, **46**, 1858) (An. dans *Bul. de la Soc. Bot. de France*, **5**, p. 289, 1858).

115 — RABATE (E.). — La destruction des mauvaises herbes, 3e éd., 176 p., 15 fig., Paris 1934.

116 — RAYNER (M.C.). — Mycorrhiza, 246 p., 64 fig., London 1927 (*New Phytologist* reprint, n° 15).

117 — REGEL. — Die Schmarotzergewächse, 1 brochure, Zurich 1854.

118 — REYCHLER (L.). — La germination de graines « mûres » après libération du germe. 1 brochure, p. 31-32, Anvers 1934.

119 — ROUY (G.). — Conspectus de la flore de France, Paris 1927.

120 — SACCARDO. — Sylloge Fungorum (*Sphaerella Thesii*, **9**, p. 618, 1891).

121 — SCHNARF (K.). — Vergleichende Embryologie der Angiospermen, 354 p., 508 fig., Berlin 1931.

122 — SCHRIBAUX (E.). — Notice sur les travaux scientifiques de M. E. Schribaux, 72 p., 27 fig., Paris 1911.

123 — SCHRIBAUX (E.) et NANOT. — Botanique agricole, Paris 1882.

124 — SCHROETER (J.). — Pilze Serbiens, I (*Hedwigia*, **29**, p. 59, 1890).

125 — SCHULTZ (F.). — Beobachtung über *Ajuga genevensis*, *Thesium intermedium* und das Verhältniss der Schmarotzer zur Nährpflanze (*Flora, Neue Reihe*, **12**, p. 401-403, 1854).

126 — SEEGER (R.). — Versuche über die Assimilation von Euphrasia und über die Transpiration der Rhinantheen (*Sitz. Ber. der Wiener Akad., m. n. Kl.*, **119**, 1, 1910).

127 — SOLMS-LAUBACH. — Ueber den Bau und die Entwickelung der Ernährungsorgane parasitischer Phanerogamen (*Jahrb. f. wissensch. Bot.*, **6**, p. 509-638, pl. 32 à 39, 1868).

128 — SONDER (W.). — Enumeratio Santalacearum in Africa australi extratropica crescentium quas Dr ECKLON et C. ZEYHER collegerunt (*Flora*, **23**, p. 353-364, 1857).

129 — SORAUER (P.). — Handbuch der Pflanzenkrankeiten. Phanerogamen Parasiten, von E. KOHLER, III, 2, p. 199-228, 1923.

129bis — SPAETH (J.N.). — A physiological study of dormancy in Tilia

seed (*Cornell University*, *Agric. Exp. Stat.*, *Memoir* 169, 78 p., 6 fig., Bibl., 1934).

130 — Sperlich (A.). — Organe besonderer physiologischer Dignität. A. Die Absorptionsorgane der parasitischen Samenpflanzen (*Linsbauer Handbuch der Pflanzenanatomie*, IX-2-A, Lief. 13, 52 p., Bibl., 1925).

131 — Stebler und Schröter. — Beiträge zur Kenntniss der Matten und Weiden der Schweiz. IX. Die wichtigsten Unkräuter der Futterwiesen und ihre Bekämpfumg (*Landwirtschaftlichen Jahrbuches der Schweiz*, Band V).

132 — Strasburger (E.). — Zu Santalum und Daphne (*Ber. der. deutsch. Bot. Gesellsch.*, **3**, p. 105-113, 1 pl., 1885).

133 — Thayssen (A.C.) and Bunker (H.J.). — The microbiology of Cellulose, Hemicelluloses, Pectin and Gums, 363 p., London 1927.

134 — Thiselton Dyer (W.T.). — Flora of tropical Africa (Hill (A.W.). Santalacaceae, **5-2**, p. 135-212, 1925).

135 — Trabut. — Le *Thesium*, plante parasite des céréales (*Bul. Agric. de l'Algérie-Tunisie-Maroc*, **5**, p. 282, 1899).

136 — Tubeuf (K.F. von). — Monographie der Mistel, 832 p., 181 fig., 34 pl., Berlin 1923.

137 — Van Tieghem. — Anatomie de la fleur des Santalacées (*An. des Sc. na.*, *Bot.*, **5-12**, p. 340-346, 1869).

138 — Vialas (M.). — Une plante verte parasite dans les cultures de céréales en Tunisie : Le petit Thésion (*Thesium humile* Vahl.) (*L'Association*, Tunis, 5 juillet 1923).

139 — Warming. — De l'ovule (*An. des Sc. nat.*, *Bot.*, **6-5**, p. 177-266, 13 pl., 1878).

140 — Waskman (S.E.). — Principles of soil microbiology, 894 p., London 1931.

141 — Waskman (S.E.) and Starkey (R.L.). — The soil and the microbe, 260 p., New-York-London 1931.

142 — Watts (J.S.). — In *Gardners' chronicle*, p. 523, 1847.

143 — Wieler (A.). — Beiträge zur Anatomie des Stockes von *Saccharum* (*Beit. z. wissensch. Bot.*, **2**, p. 141-164, 2 pl., 1897).

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I

Fig. 1. — Plantules de *Thesium humile* issues de graines enterrées à 2^{cm} 5, 6 cm. et 10 cm., dans du sable. L'emplacement de la graine est indiqué par le rétrécissement brusque qui marque le passage de la racine à l'axe hypocotylé. 2/3 g.n.

Fig. 2. — Plantules âgées de trois semaines, dans du terreau, en pot. Deux feuilles cotylédonaires dressées, appliquées l'une contre l'autre. Racine principale très longue, avec nombreuses ramifications secondaires en voie de développement. Pas de suçoirs. 9/10 g.n.

Fig. 3. — Plantule un peu plus âgée que celles de la fig. 2, en pot, dans du terreau, sans plante-hôte. Deux feuilles cotylédonaires et quatre feuilles normales plus petites. Racines latérales bien développées. Pas de suçoirs. 9/10 g.n.

PLANCHE II

Fig. 1. — Deux jeunes plantules de 1 mois environ. Deux feuilles cotylédonaires dressées, avec jeunes feuilles apparentes. A cet état, les plantules sont détruites par l'acide sulfurique et par le chlorate de soude. 5/3 g.n.

Fig. 2. — Trois plantules de 1 mois et demi environ. A cet état, elles sont encore détruites par l'acide sulfurique. 7/5 g.n.

Fig. 3. — Plantules plus âgées. Bouquet de feuilles dressées entre les deux feuilles cotylédonaires. Grandeur naturelle.

Fig. 4. — Jeune plante. Les trois tiges principales sont déjà ébauchées. 2/3 g.n.

Fig. 5. — Plantes de 3 ou 4 mois développées dans du terreau, sans plante-hôte. La plante de gauche est rigoureusement dépourvue de suçoirs. Celle de droite en a formé quelques-uns, sans doute sur des racines de plantules d'espèces spontanées nées dans le terreau et arrachées. Elle a fleuri et porte quelques graines. 2/3 g.n.

Fig. 6. — Plante de 3 ou 4 mois, dans du sable, sans plante-hôte, après section de l'axe hypocotylé au ras du sol, tout de suite après la levée. Au-dessous de la section s'est différencié un bourgeon adventif qui a donné naissance à quelques feuilles. Pas de suçoirs sur les racines. 3/5 g.n.

PLANCHE III

Fig. 1. — Plante adulte, avec fleurs et jeunes graines. Sept tiges principales partant du collet. 1/2 g.n. environ.

Fig. 2. — Plante développée dans un Blé dru. Tiges grêles, allongées, peu ramifiées. Peu de fleurs. 1/3 g.n. environ.

PLANCHE IV

Fig. 1. — Plante adulte, avec fleurs et graines nombreuses. 1/3 g.n. environ.

Fig. 2. — Rameaux isolés, avec graines presque mûres. 2/3 g.n.

Fig. 3. — Jeunes plantes attaquées par *Sphaerella Thesii*. Dessiccation des feuilles inférieures qui noircissent. Collet entouré d'un revêtement noir. 1/2 g.n.

Fig. 4. — Plante en fleur parasite sur un pied de Fève, en pleins champs.

PLANCHE V

Fig. 1. — Racines de *Thesium humile* et racines de Blé enchevêtrées. Les plus grosses sont des racines du *Thesium* sur lesquelles on aperçoit de nombreux suçoirs. Plantes en pot dans du terreau. 5/3 g.n.

Fig. 2 et 3. — Suçoirs sur racines de Blé. (Les racines très grêles sont seules des racines de Blé.) 5/3 g.n.

Les photographies de racines sur fond noir ont été faites en plaçant les échantillons dans de l'alcool dilué (dans l'eau, il se forme rapidement de très fines bulles sur les racines), dans un cristallisoir en verre. Le tout est posé sur un verre rouge et photographié avec un appareil dont l'axe est vertical.

PLANCHE VI

Fig. 1. — Plantules récemment levées, dans un champ de Blé. Photographie prise en plein soleil, le matin. Les plantules sont bien apparentes grâce à leur ombre portée. Environ 300 plantules par mètre carré. 1/3 g.n.

Fig. 2. — Aspect d'une tache de *Thesium* dans un champ de Blé, en mai, sur un emplacement où la levée s'est produite comme dans la fig. 1. Le parasite couvre complètement le sol et on aperçoit, de place en place, quelques plants de Blé qui n'ont pas épié. 1/6 g.n.

PLANCHE VII

FIG. 1. — Coupe transversale d'une tige portant des graines (voir schéma Pl. XV, fig. 1). Formations secondaires libéro ligneuses. Pas de formations subéro phellodermiques. m moelle; b bois; a assise génératrice libéro-ligneuse; l liber; f fibres péricycliques; p = parenchyme cortical; e = épiderme. Gr = 300.

PLANCHE VIII

FIG. 1. — Coupe transversale dans une feuille adulte, au niveau d'une nervure latérale principale. Stomates (s) sur les deux faces. Grosse lacune (la) remplie de silice qui n'a pas été figurée. es épiderme supérieur; ei épiderme inférieur; b bois; l liber; cs chambre sous stomatique. Gr = 230.

FIG. 2. — Coupe transversale d'une feuille adulte. Dessin schématique. 3 nervures principales complètement entourées par le parenchyme chlorophyllien. Nombreuses concrétions intercellulaires de silice (si). b = bois; l = liber. Gr = 30.

FIG. 3. — Stomate vu de face. Grains d'amidon localisés aux deux pôles de chacune des cellules stomatiques. Gr = 430.

FIG. 4. — Coupe transversale d'un stomate. Cellules stomatiques à parois très épaisses par places. cs = chambre sous-stomatique. Gr = 430.

FIG. 5. — Épiderme de la face supérieure d'une feuille, vu de face. Stomates nombreux en files longitudinales. Gr = 230.

PLANCHE IX

FIG. 1. — Concrétion intercellulaire de silice, dans une feuille de *Thesium humile* parasite sur Blé. Le réseau de sa surface correspond aux lignes de jonction des cellules du parenchyme cortical (p) entre lesquelles cette silice s'est déposée. Gr = 450.

FIG. 2 et 3. — Concrétions mamelonnées de silice, isolées d'une feuille adulte. Gr = 250.

FIG. 4. — Concrétion de silice dans une feuille jeune. Masse irrégulière, moulée sur les parois des cellules qui limitent la lacune où elle a pris naissance. Gr = 450.

FIG. 5. — Détail du dépôt de la silice. La silice excrétée se dépose entre les cellules et forme des pointes, des crêtes ou des lames qui écartent les cellules du parenchyme cortical (p) au fur et à mesure que le volume de la concrétion augmente. Gr = 450.

FIG. 6. — Détail de la surface d'une concrétion de silice. Crêtes aiguës moulées sur les cellules du parenchyme cortical. Gr = 450.

Toutes les concrétions siliceuses (fig. 1 à 6) ont été observées dans des feuilles de *Thesium humile* parasite sur Blé.

Fig. 7. — Chloroplastes dans une feuille, en plein soleil, avec grains d'amidon colorés en noir par l'eau iodo-iodurée. Gr=1000.

Fig. 8. — Chloroplastes d'une feuille après 48 heures de séjour en chambre noire (plante en pot). Pas de grains d'amidon. Les chloroplastes sont plus petits que ceux de la fig. 7. La différence de volume correspond au volume de l'amidon que renferment les chloroplastes de la fig. 7. Gr=1000.

Fig. 9. — Dessin schématique d'une feuille. Coupe longitudinale épaisse, parallèle à la face supérieure de la feuille et comprenant tout le réseau vasculaire. Le dessin comprend la moitié du limbe d'une feuille, sur 3^{mm} de long. Le faisceau ligneux de droite représente la nervure médiane de la feuille. Ce faisceau est relié par de nombreuses ramifications à la nervure latérale principale. Entre les mailles de ce réseau vasculaire, très nombreuses concrétions de silice, schématiquement représentées. Bords de la feuille (à gauche) irrégulièrement dentés. Gr=33.

PLANCHE X

Fig. 1. — Bouton floral. La feuille à l'aisselle de laquelle il est inséré est figurée en arrière. De part et d'autre du bouton, bractées latérales. Gr=10.

Fig. 2. — Fin de floraison. Les sépales se replient vers le centre de la fleur. Gr=10.

Fig. 3. — Coupe schématique d'une fleur épanouie. 5 sépales, 5 étamines opposées aux sépales, avec pinceau de poils en arrière de leur filet. Ovaire infère uniloculaire, avec colonne placentaire centrale. Style court. Stigmate capité. Gr=10.

Fig. 4. — Très jeune fruit. Sépales verts appliqués les uns contre les autres et couronnant l'ovaire qui commence à grossir. Gr=10.

Fig. 5. — Etamine juste avant la déhiscence. Vue de face à gauche et vue de dos, à droite. Gr=33.

Fig. 6. — Coupe longitudinale schématique d'une fleur, au moment où les sépales se referment. La région ovarienne a seule été représentée. Ovaire uniloculaire, avec colonne placentaire contournée en spirale à son sommet. 3 ovules pendants. Sclérenchyme encore indifférencié. Il se formera dans le mésocarpe, dans la région marquée en pointillé (s). Trajet suivi par les faisceaux ligneux (b) schématiquemnet figuré. st=style; e=étamine; po=base du pinceau de poils dont le sommet est appliqué sur l'anthère; p=sépale. Gr=33.

PLANCHE XI

Fig. 1. — Coupe longitudinale de l'ovule fertile, juste avant la fécondation (ovule d'un bouton floral prêt à s'épanouir). Le plan de la coupe passe par la colonne placentaire. Fixation au picro-formol, coloration à l'hématoxyline. Le contenu du sac embryonnaire a été représenté d'après deux coupes successives. Autour du sac embryonnaire, zone colorée en noir par l'hématoxyline et formée de débris cellulaires. Cellules du nucelle à noyau pourvu de grains de chromatine. ns=noyau secondaire; o=oosphère; s=synergides. Gr=500.

Fig. 2. — Coupe longitudinale d'un ovule fécondé, au début du développement de l'albumen et de l'embryon. Le plan de la coupe est perpendiculaire au plan défini par l'axe de l'ovule et l'axe de la fleur. L'albumen forme un petit massif cellulaire ovoïde qui fait saillie au sommet du nucelle. Ses cellules (a) ont un noyau relatívement gros, avec un gros nucléole. Embryon indifférencié (e) logé dans l'albumen. Suçoir avec gros noyau (n) à nucléole volumineux. Gr=270.

Fig. 3. — Colonne placentaire et ovules d'une fleur épanouie. Vaisseaux annelés ou réticulés atteignant le sommet de la colonne placentaire, dont la forme en spirale a été modifiée au cours du montage de la préparation. Gr=66.

Fig. 4. — Colonne placentaire et ovules. L'ovule placé à l'arrière est supposé entièrement caché. Le sac embryonnaire de l'ovule fertile a été représenté en pointillé. Il n'est en réalité pas apparent extérieurement. Gr=66.

Fig. 5. — Début du développement de l'albumen (a) et de l'embryon (e) à l'intérieur du nucelle. L'ovule est seulement légèrement déformé. Sous la pression, ses parois se déchirent et laissent apparaître son contenu, figuré en pointillé. Gr=66.

Fig. 6. — Albumen (a) et embryon (e) à un stade plus développé que dans la fig. 5. L'albumen forme une masse ovoïde appendue au nucelle. Embryon inapparent qui sort de l'albumen sous la pression de la lamelle. Gr=66. A droite, embryon (e) isolé. Gr=500.

Fig. 7. — *Santalum album*, d'après Guignard (**52**, Pl. XIV, fig. 47 et 49).
A gauche, 2 ovules. Le sac embryonnaire de l'un est figuré en pointillé. o=oosphère. Gr=16.
A droite, premiers stades du développement de l'albumen (alb) et de l'embryon (em). Gr=13.

Fig. 8. — *Osyris alba*, d'après Guignard (**52**, Pl. XIV, fig. 42). Ovule stérile à gauche (nu). A droite, ovule fertile avec albumen (alb) et embryon (em) en voie de développement. Gr=33.

Fig. 9. — *Thesium divaricatum*, d'après Guignard (**52**, Pl. XIV, fig. 20).

Début du développement de l'albumen (alb) dans un ovule fécondé. em=œuf. Gr=250.

PLANCHE XII

Fig. 1. — Coupe longitudinale médiane schématique du fruit, coiffé des sépales desséchés de la fleur. p=parenchyme chlorophyllien; s=sclérenchyme; a=albumen; e=embryon à radicule dirigée vers le style et à cotylédons vers la base du fruit. Gr=20.

Fig. 2. — Coupe transversale du sommet du fruit, passant juste par le sommet du sclérenchyme, un peu au-dessus du plan AB (fig. 1). Les parties saillantes du sclérenchyme ont seules été sectionnées et forment une étoile à 3 branches qui représente les lignes de déhiscence du fruit. Tout autour, parenchyme chlorophyllien, avec faisceaux libéro-ligneux sectionnés obliquement. f = fibres; l = liber; b = bois. Gr = 25.

Fig. 3. — Coupe transversale du fruit passant par la base des cotylédons. Parenchyme chlorophyllien (p) avec 10 faisceaux libéro-ligneux principaux et un nombre variable de faisceaux libéro-ligneux secondaires. c=colonne placentaire desséchée et comprimée entre l'albumen (a) et le sclérenchyme (s); e=embryon. Gr=20.

Fig. 4. — Fruit mûr. 10 nervures principales saillantes; 5 correspondent au dos des sépales et 5 à leur ligne de jonction. Ramifications secondaires formant un réseau irrégulier. Sommet du fruit avec les sépales desséchés repliés sur eux-mêmes. A la base, parenchyme sans chlorophylle qui correspond à la partie du fruit qui est engagée entre la feuille, la tige et les deux bractées qui précèdent la fleur. Ce parenchyme est ridé dans la graine sèche et gonflé dans la graine qui a absorbé de l'eau (fig. 1). Gr=10.

Fig. 5. — Sommet stylaire du fruit dont les sépales et le parenchyme chlorophyllien ont été enlevés jusqu'au sclérenchyme par frottement sur du papier émeri. Le sclérenchyme montre nettement les trois bandes saillantes qui représentent les lignes de suture des trois carpelles et forment trois zones de moindre résistance suivant lesquelles éclate le sclérenchyme au moment de la germination. Gr=7,5.

Fig. 6. — Coupe transversale des parois du fruit. Sclérenchyme (s) à bord interne lisse, à bord externe ondulé. Parenchyme chlorophyllien (p) avec faisceaux libéro-ligneux accolés au sclérenchyme. b=bois; l=liber. Gr=50.

PLANCHE XIII

Fig. 1. — Coupe transversale de la paroi du fruit. e= épiderme; p=parenchyme chlorophyllien desséché; l=liber; b=bois; s=sclérenchyme; i=cellules du parenchyme interne digérées par l'albumen et écrasées entre l'albumen et le sclérenchyme. Gr=200.

Fig. 2. — Cellule du sclérenchyme. Cellule isodiamétrique à parois très épaisses creusées de fins canalicules. Gr=500.

Fig. 3. — Coupe transversale d'une feuille cotylédonaire au moment de la germination. Partie de la feuille qui reste entourée par l'albumen dont elle assure la digestion. e=épiderme sans stomates; p=parenchyme sans chlorophylle; xx représente l'axe médian de la section. La feuille renferme donc trois faisceaux libéro-ligneux avec bois et liber bien différenciés. Gr=200.

Fig. 4. — Coupe tangentielle du sclérenchyme suivant l'une de ses lignes de moindre résistance. Les cellules isodiamétriques du sclérenchyme sont remplacées par des cellules allongées suivant la ligne de suture des carpelles. Elles sont encore plus longues que ne le représente la figure, la coupe n'étant pas exactement parallèle à la surface du sclérenchyme. Canalicules représentés semi-schématiquement. Gr=375.

PLANCHE XIV

Fig. 1. — Germination dans le sol. La coque et l'albumen de la graine (au sens courant du mot) restent en place. L'axe hypocotylé s'allonge, recourbé en épingle à cheveux à son sommet. Les cotylédons s'allongent aussi, leur sommet restant seul engagé dans l'albumen. 5/3 de grandeur naturelle.

Fig. 2. — Germination dans du sable. Les parois de la graine s'écartent en trois valves, par suite du gonflement de l'albumen. La radicule se dégage. Elle est pourvue de poils absorbants très courts. Gr=5.

Fig. 3. — Germination sur coton, après section du sclérenchyme suivant le plan CD (Pl. XII, fig. 1). Les cotylédons sortent de l'albumen, dans lequel reste emprisonnée la radicule. De telles plantules ne sont pas viables. Gr=3.

Fig. 4. — Germination sur papier filtre, après section du sclérenchyme suivant le plan AB (Pl. XII, fig. 1). Cotylédons à extrémités incluses dans l'albumen. Radicule avec manchon de poils absorbants. Gr=2.

Fig. 5. — Graine à sommet sectionné. L'albumen gonflé fait saillie à l'extrémité, mais la coque n'a pas éclaté et l'embryon n'a pu se dégager. Gr=7.

Fig. 6. — Grains d'aleurone. Fixation à l'acide picrique, coloration à l'éosine. Masse fondamentale rose à enveloppe rouge. Globoïde incolore, très superficiel. Gr=1000.

Fig. 7. — Grains d'aleurone, dans l'huile de cèdre, sans coloration. Gr=1000.

Fig. 8. — Coupe tangentielle de la surface de l'albumen d'une graine germant dans la terre. Coloration au bleu coton dans l'acide lactique.

Filaments mycéliens suivant le contour des cellules de l'albumen. Gr=666.

Fig. 9. — Coupe tangentielle de la surface de l'albumen d'une graine germant dans du terreau. Réseau de filaments mycéliens suivant le contour des cellules de l'albumen. Gr=275.

PLANCHE XV

Fig. 1. — Coupe transversale d'une tige portant des graines. Dessin schématique. La structure détaillée de la même tige est représentée Pl. VII, fig. 1. p=parenchyme cortical; f=fibres péricycliques; l=liber; b=bois; m=moelle. Gr=20.

Fig. 2. — Suçoir sur racine de *Medicago ciliaris*. La coupe ne suit pas l'axe du pédoncule du suçoir; aussi la continuité entre le bois de la racine du *Thesium* et celui du pédoncule du suçoir n'apparaît pas. b=bois du suçoir relié directement au bois de l'hôte; r=repli préhenseur; t=bande mécanique; n=noyau central; c=cylindre central; p=écorce. Gr=33.

Fig. 3. — Suçoirs. Gr=3 à 4.

a — Naissance d'une radicelle. Pointe conique déchirant l'écorce.
b — Ebauche de suçoir. Large dilatation de l'écorce.
c — Suçoir plus développé, mais pas encore fixé sur une racine-hôte.
d — Suçoir fixé sur une racine à poils absorbants nombreux.
e — Suçoir fixé, à replis préhenseurs bien apparents.
f — Suçoir détaché, avec cône de pénétration visible.
g — Suçoir allongé, détaché de sa racine nourricière.
h — Racine de *Thesium* avec trois suçoirs formés près du sommet. La racine porte quelques poils absorbants très courts.
i — Suçoir allongé et recourbé en crochet.
j — Ebauche de suçoir au sommet d'une racine.
k — Suçoir développé au sommet d'une radicelle. Il a manifestement une origine latérale et le sommet de la radicelle est encore apparent.
l — Suçoir sur suçoir. Celui de droite était lui-même fixé sur une racine nourricière.

Fig. 4. — Section transversale d'une racine secondaire. Dessin schématique. La structure détaillée de la même racine est représentée Pl. XVII, fig. 1. p=écorce; l=liber; b=bois. Le bois occupe tout le centre de la racine. Gr=66.

Fig. 5. — Coupe transversale d'un jeune suçoir, avant tout contact avec la racine nourricière. Hypertrophie de l'écorce (p) et du cylindre central (c). Vaisseaux du bois en formation dans l'axe du suçoir à partir du bois (b) de la racine. Gr=33.

PLANCHE XVI

Fig. 1. — Suçoir sur racine de *Medicago ciliaris*. La racine du *Thesium* n'est pas représentée. Les vaisseaux du bois (b) du parasite sont directement reliés au bois de l'hôte. Pelotons de mycorhizes (my) dans la racine de *Medicago*. Gr=50.

Fig. 2. — Suçoir sur rhizome de *Convolvulus arvensis*. Cône de pénétration appliqué sur le bois. Replis préhenseurs, l'un au contact du rhizome, l'autre au contact du cylindre central de ce dernier. Suçoir large et aplati, sans pédoncule apparent. Gr=25.

Fig. 3. — Suçoir sur racine adventive de Blé tendre (*Triticum vulgare*). Double repli préhenseur, l'un autour de la racine et l'autre dans l'écorce. Cône de pénétration au contact du bois. Suçoir sans pédoncule apparent. Gr=25.

Fig. 4. — Suçoir sur racine de *Cynodon dactylon*. Double repli préhenseur. Suçoir pédonculé. Gr=25.

Fig. 5. — Suçoir sur le premier entrenœud d'une plantule de Blé tendre (*Triticum vulgare*), au-dessous du nœud de tallage. Double repli préhenseur. Le cône de pénétration atteint à peine le bois. La racine de *Thesium* est sectionnée transversalement. Gr=25.

Fig. 6. — Coupe transversale d'un suçoir fixé sur racine de *Melilotus sulcata*. Bande mécanique circulaire. Deux lames de bois (b) symétriques par rapport au plan défini par l'axe du suçoir et l'axe de la racine nourricière. Gr=25.

Fig. 7. — Coupe transversale d'un suçoir fixé sur racine adventive de Blé tendre. Double bande mécanique solidaire d'un double repli préhenseur. Deux lames de bois disposées de part et d'autre du même plan de symétrie que dans la fig. 6. Gr=25.

Pour toutes les figures de la Pl. XVI :

b=bois; c=cylindre central; l=liber; n=noyau central; p=écorce; r=repli préhenseur; s=couche subéreuse; t=bande mécanique.

PLANCHE XVII

Fig. 1. — Coupe transversale d'une racine, au voisinage d'un suçoir (voir schéma Pl. XV, fig. 4). Formations secondaires libéro-ligneuses. Cellules de l'endoderme (en) identiques à celles de l'écorce. Couche subéreuse mal différenciée. p=écorce; b=bois; l=liber. Gr=250.

Fig. 2. — Cône de pénétration dans une racine adventive de Blé tendre (*Triticum vulgare*). Région dépourvue de vaisseaux du bois. Les cellules du cône de pénétration (cs) digèrent le bois de l'hôte (bh) sans laisser de traces. Gr=250.

Fig. 3. — Coupe transversale d'un suçoir fixé sur le premier entrenœud d'une tige de Blé (voir Pl. XVI, fig. 5). Arc vasculaire (b) dans un parenchyme homogène. in = cellules du noyau central; ex = cellules situées à l'extérieur du bois, région dépourvue de tubes criblés. Gr = 250.

Fig. 4. — Coupe longitudinale du cône de pénétration d'un suçoir fixé sur un rhizome de *Convolvulus arvensis* (voir Pl. XVI, fig. 2). Vaisseaux annelés ou annelés-réticulés du parasite (bs) appliqués sur les vaisseaux du bois ou sur les cellules ligneuses de l'hôte (bh). cs = cellules du cône de pénétration; lh = liber de l'hôte. Gr = 250.

PLANCHE XVIII

Fig. 1. — Ballon de 250 cc. pour la germination des graines dans du sable, en présence d'une espèce déterminée de champignon. Le sable est maintenu humide grâce à une mèche de lampe à alcool qui trempe dans l'eau. L'étranglement à la base du col est fermé par une bille de verre. Tubulure latérale servant à l'aération. 1/3 de grandeur naturelle.

Fig. 2. — Coupe transversale d'une tige de *Thesium humile* parasitée par *Sphaerella Thesii*. Tige conservée pendant l'été et l'automne à la surface du sol et observée pendant l'hiver. Dans un lacis dense de filaments mycéliens formant une sorte de stroma noir à la surface de la tige, périthèces à différents états de développement. Gr = 100.

Fig. 3. — Asques et ascospores isolées de *Sphaerella Thesii*. Ascospores hyalines, bicellulaires, de 13 × 2,5—3 μ. Gr = 1125.

Fig. 4. — Périthèce isolé de *Sphaerella Thesii*. Asques sans paraphyses. Ascospores émises au milieu d'une matière gélatineuse. Dessin semi-schématique. Gr = 500.

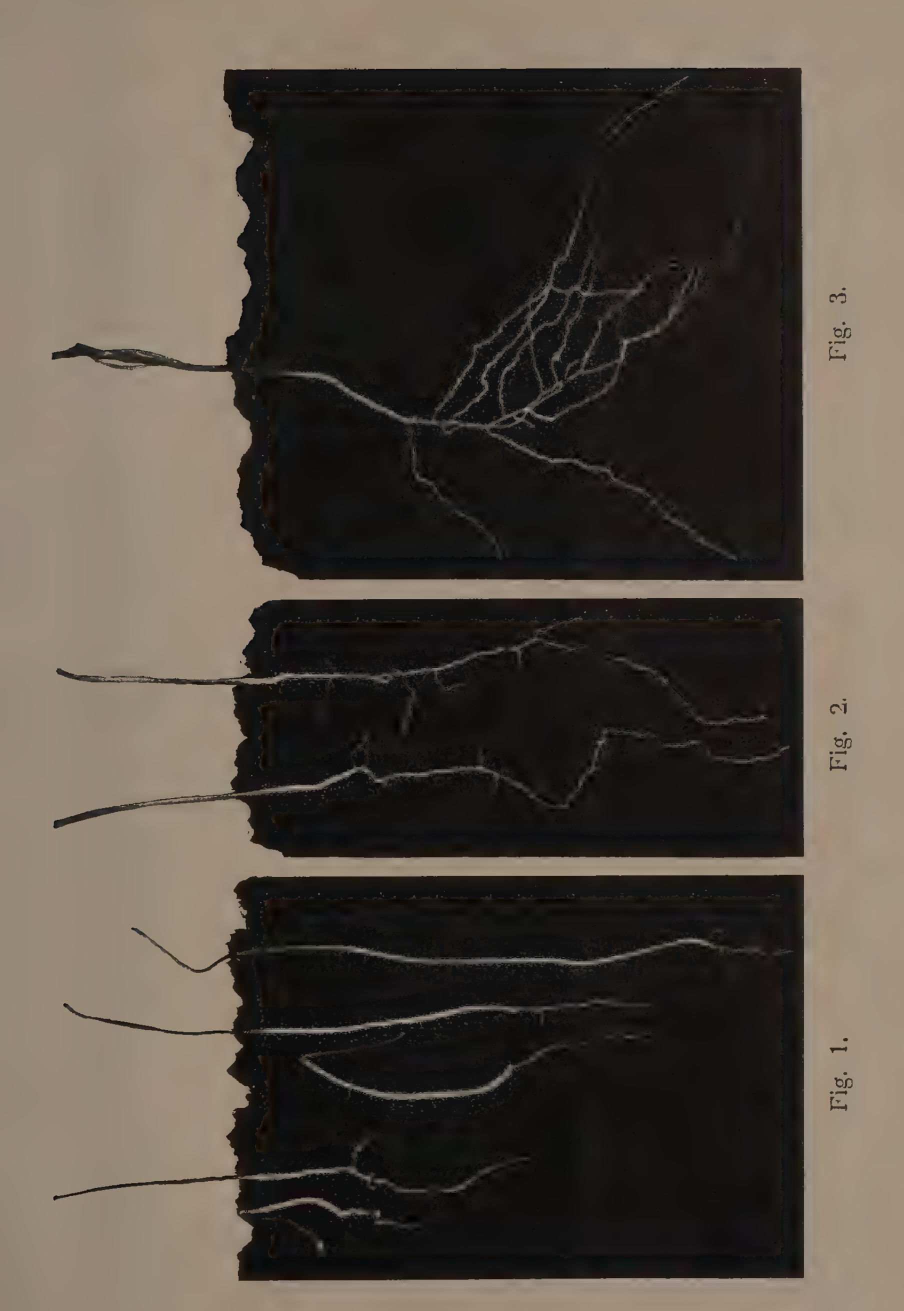


Fig. 3.

Fig. 2.

Fig. 1.

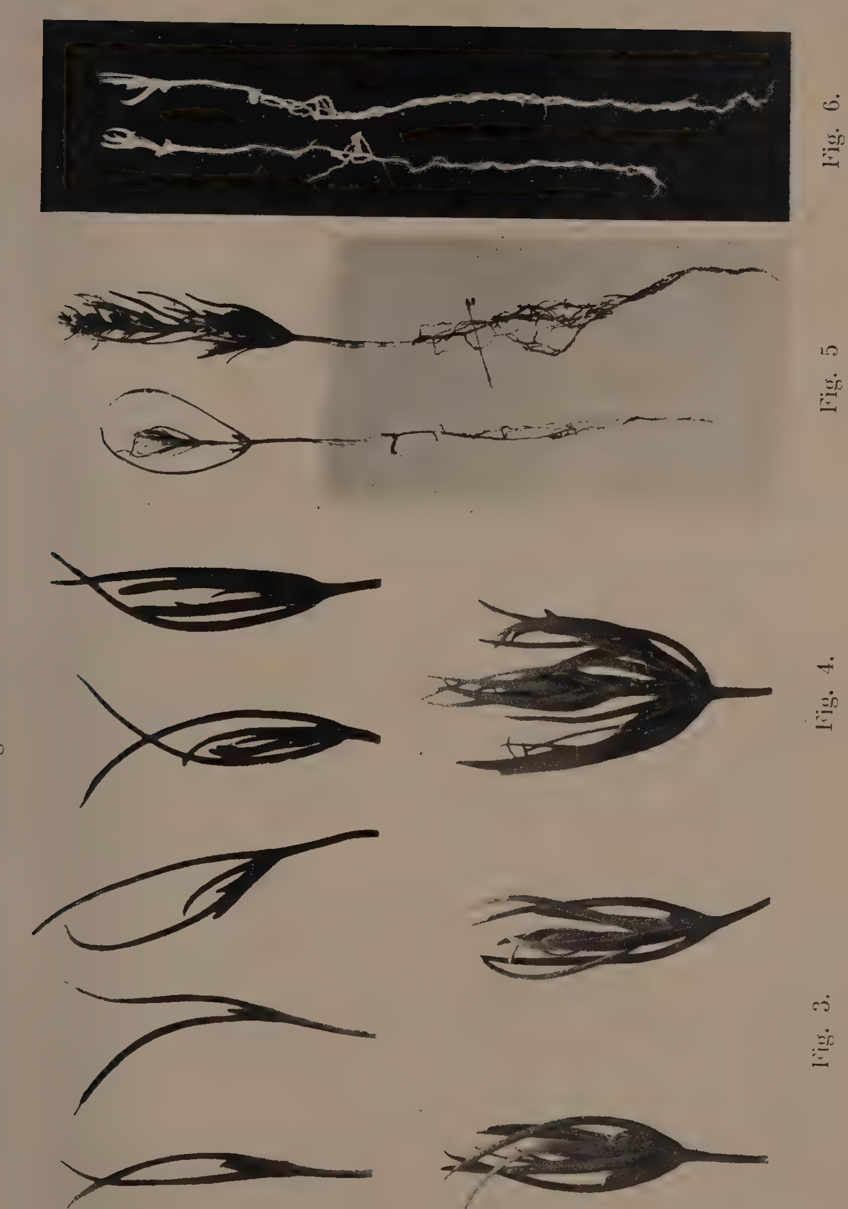

Fig. 6.
Fig. 5
Fig. 4.
Fig. 3.
Fig. 2.
Fig. 1.

Fig. 2.

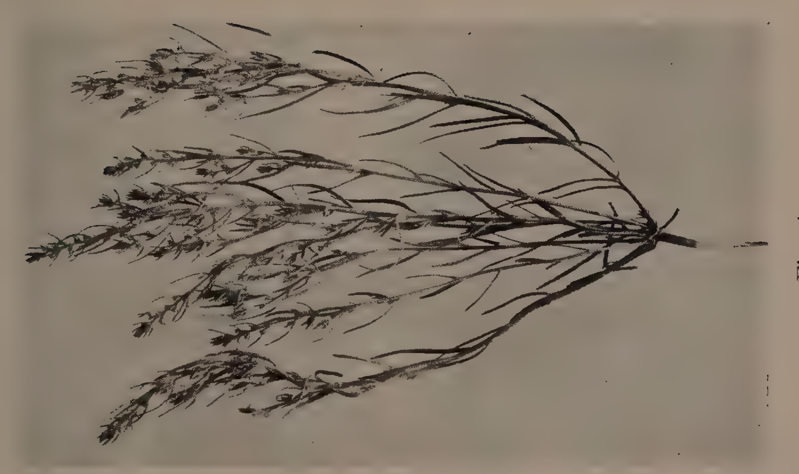


Fig. 1.

Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.



Fig. 4.

Fig. 1.





Fig. 2. Fig. 3.



Fig. 2.

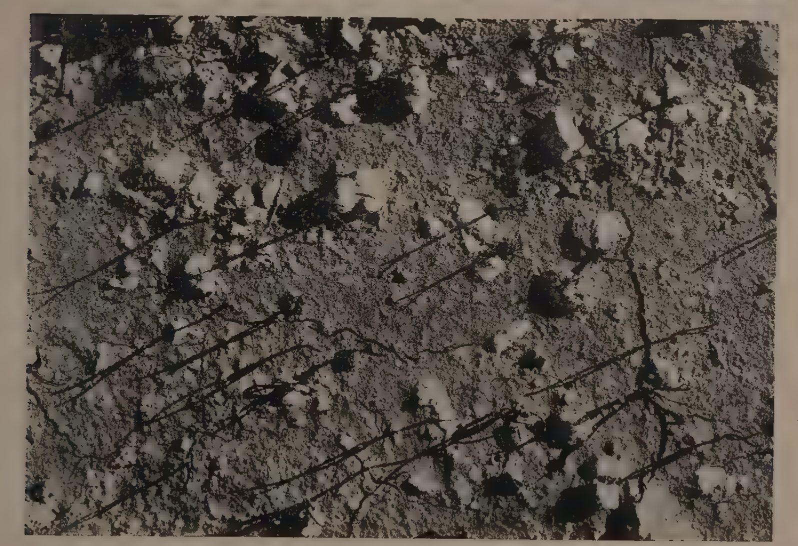
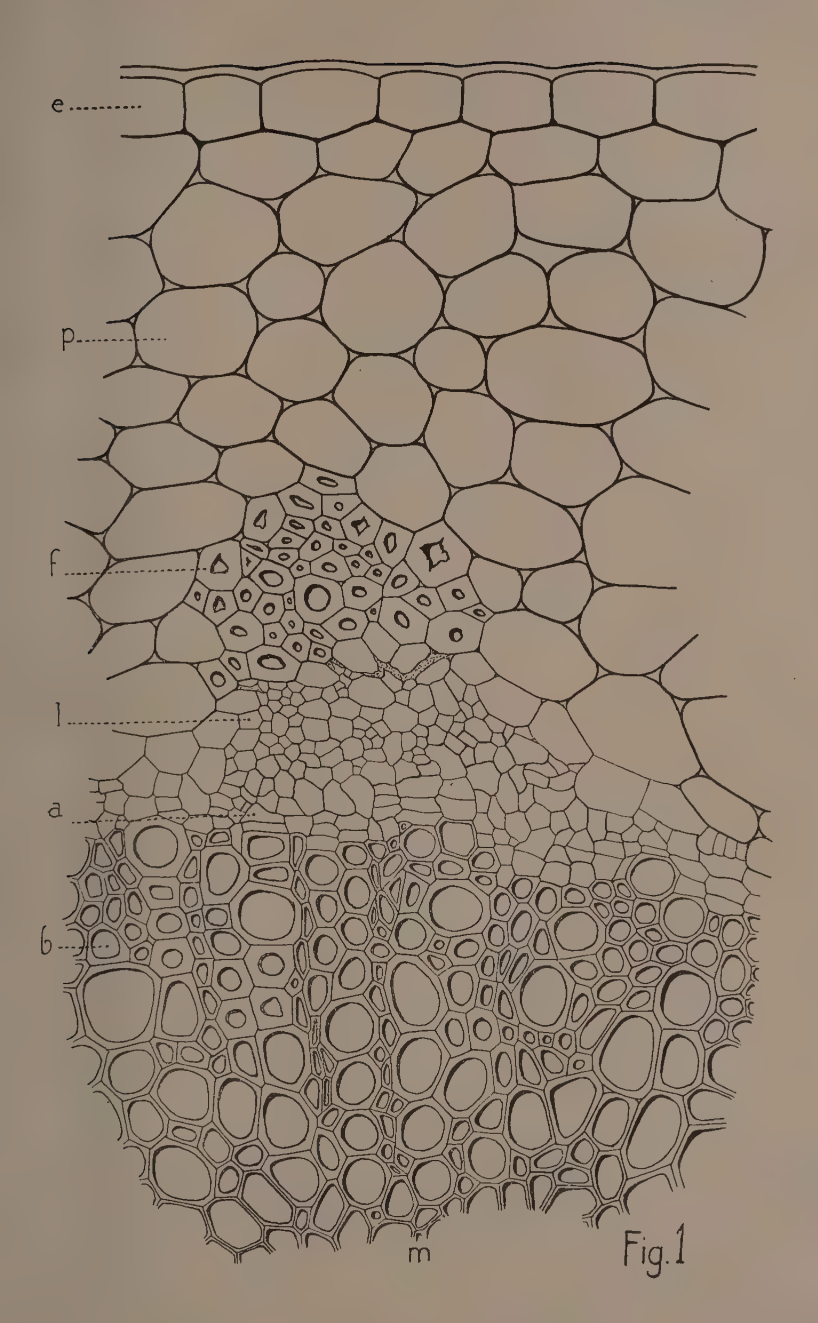
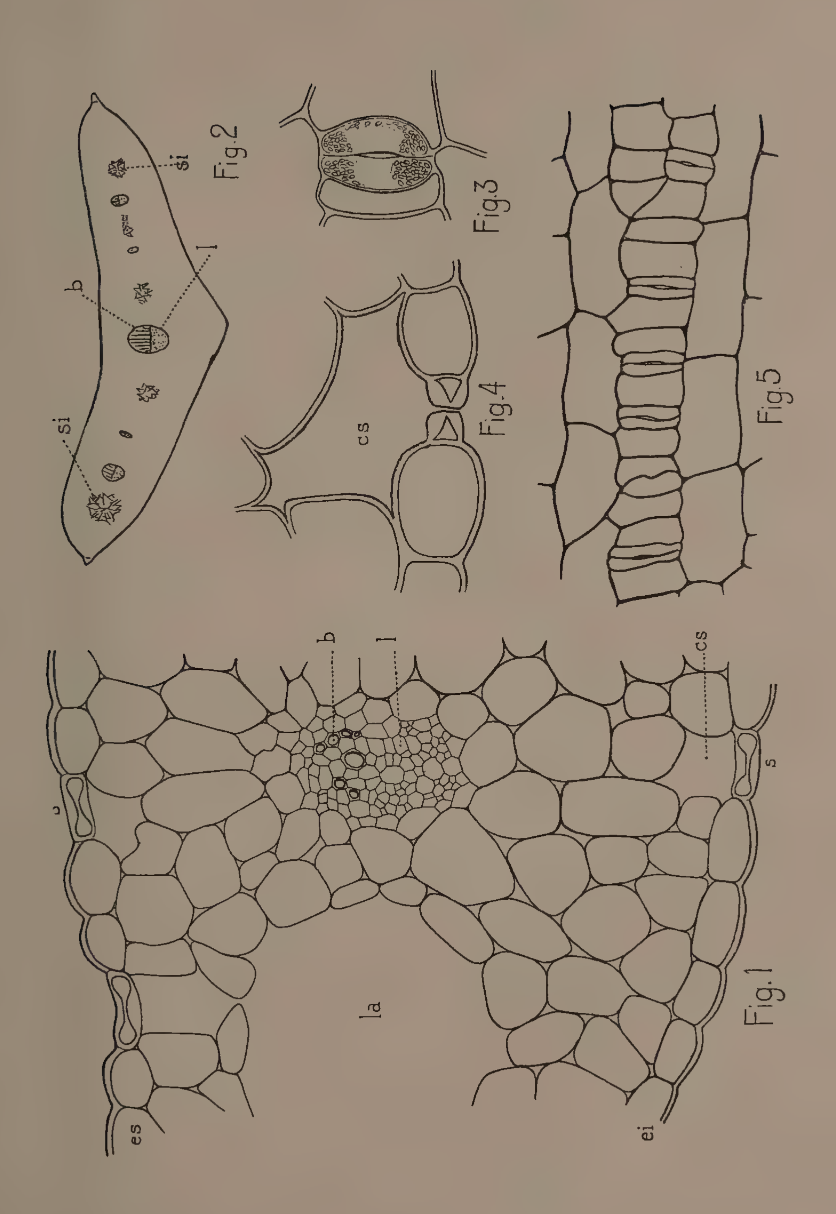
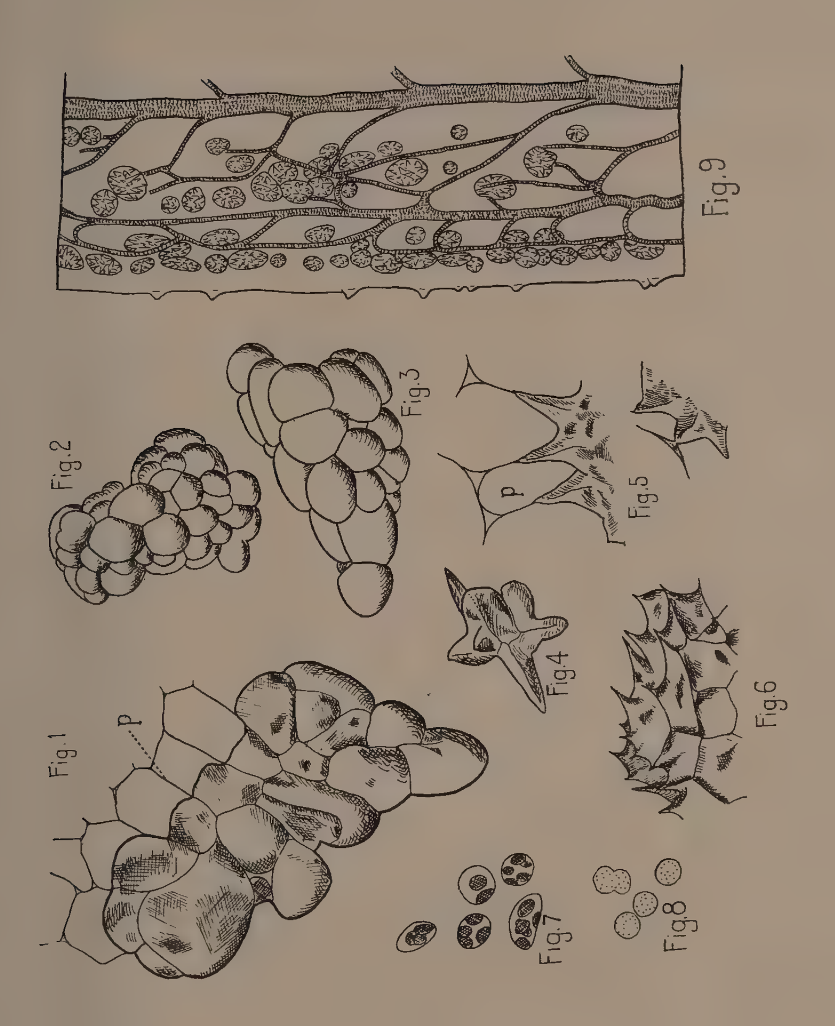
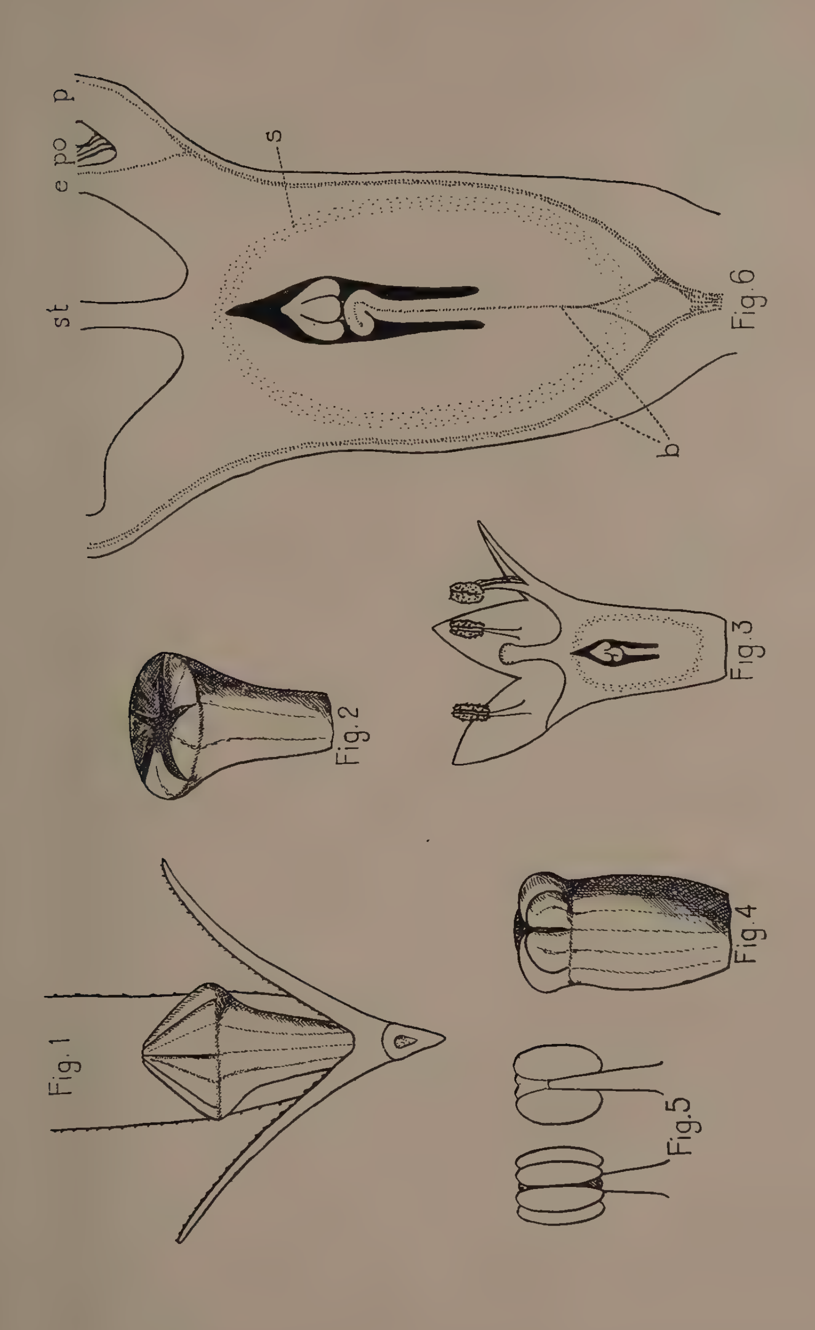


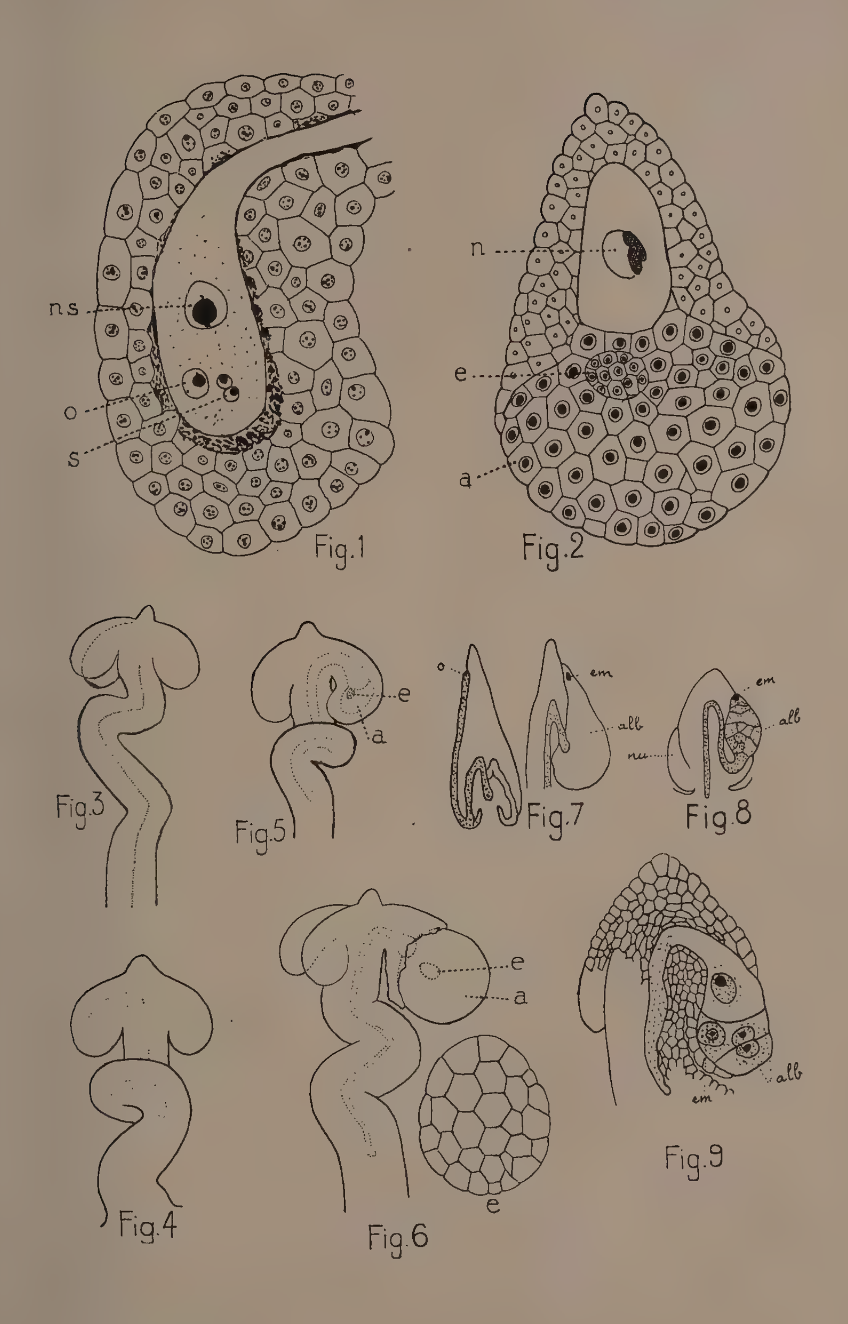
Fig. 1.


e
p
f
l
a
b
m
Fig. 1


Fig.1
Fig.2
Fig.3
Fig.4
Fig.5
si
b
l
cs
la
es
ei
s


Fig.1
p
Fig.2
Fig.3
Fig.4
p
Fig.5
Fig.6
Fig.7
Fig.8
Fig.9


Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3
Fig. 4
Fig. 5
Fig. 6
st
e
po
p
s
b


ns
o
s
Fig.1
n
e
a
Fig.2
Fig.3
e
a
Fig.5
o
em
alb
Fig.7
em
alb
nu
Fig.8
Fig.4
e
a
e
Fig.6
alb
em
Fig.9

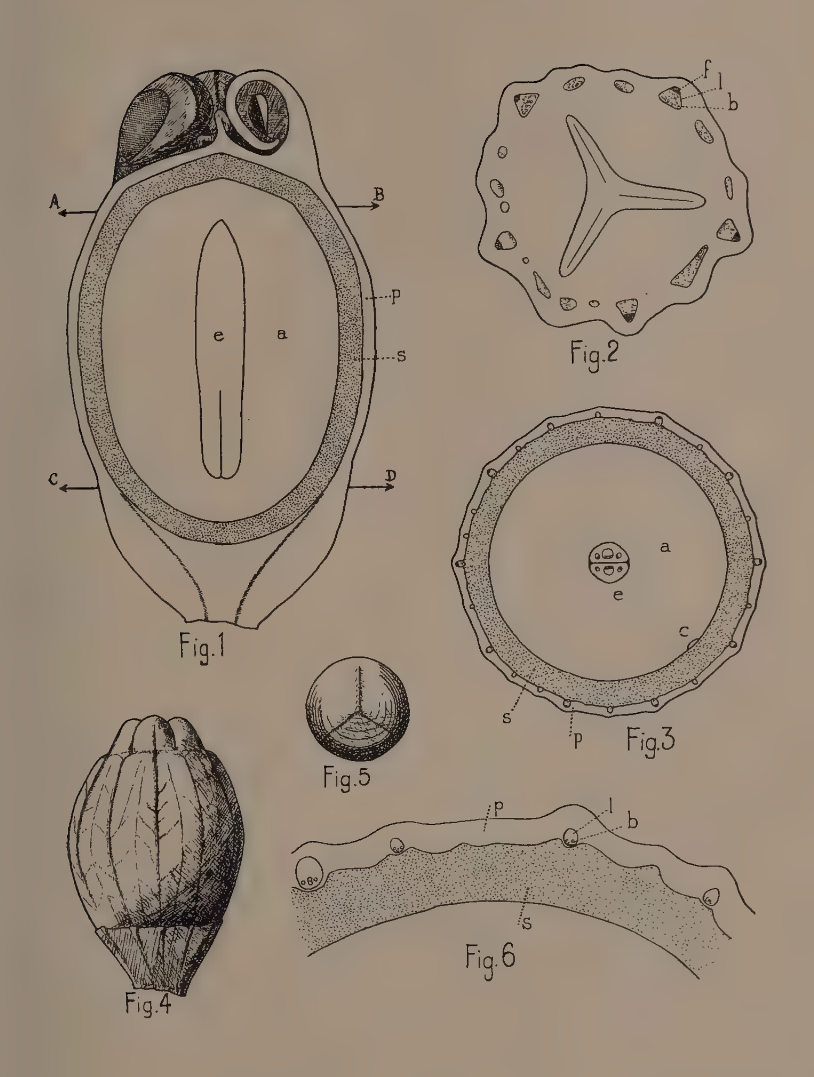


Fig. 1

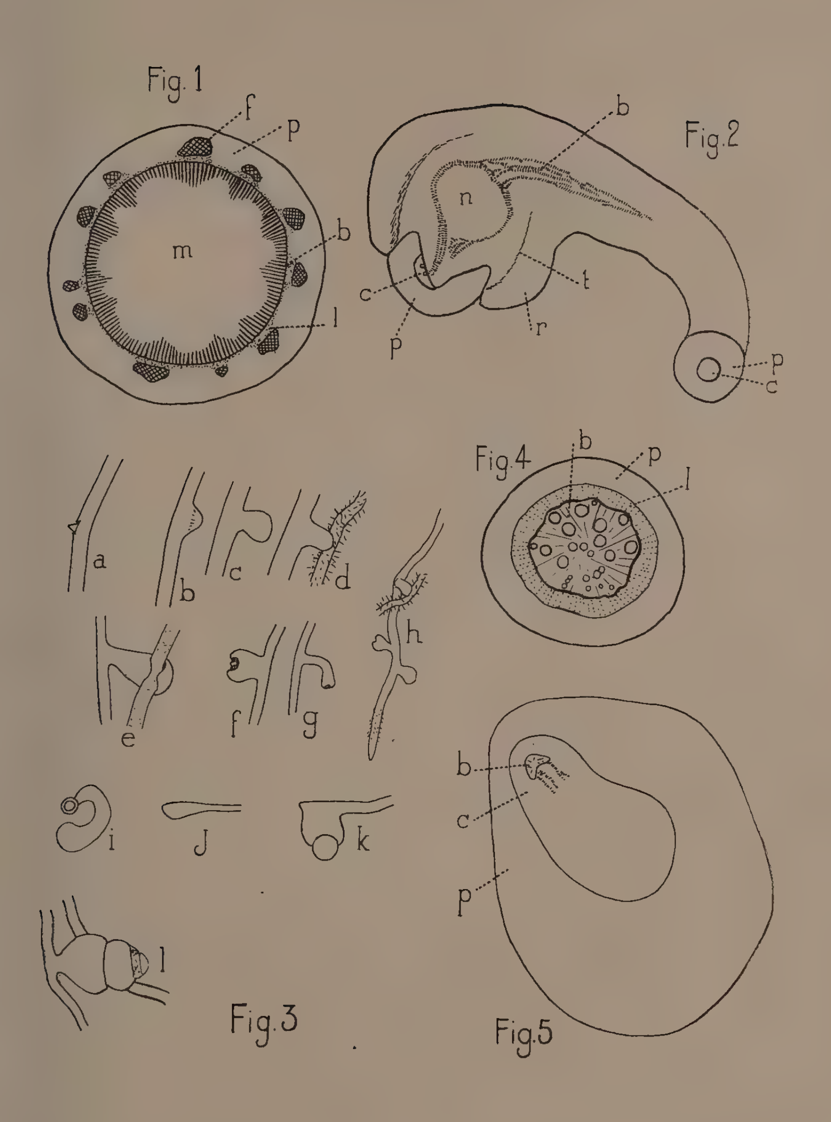
Fig. 2

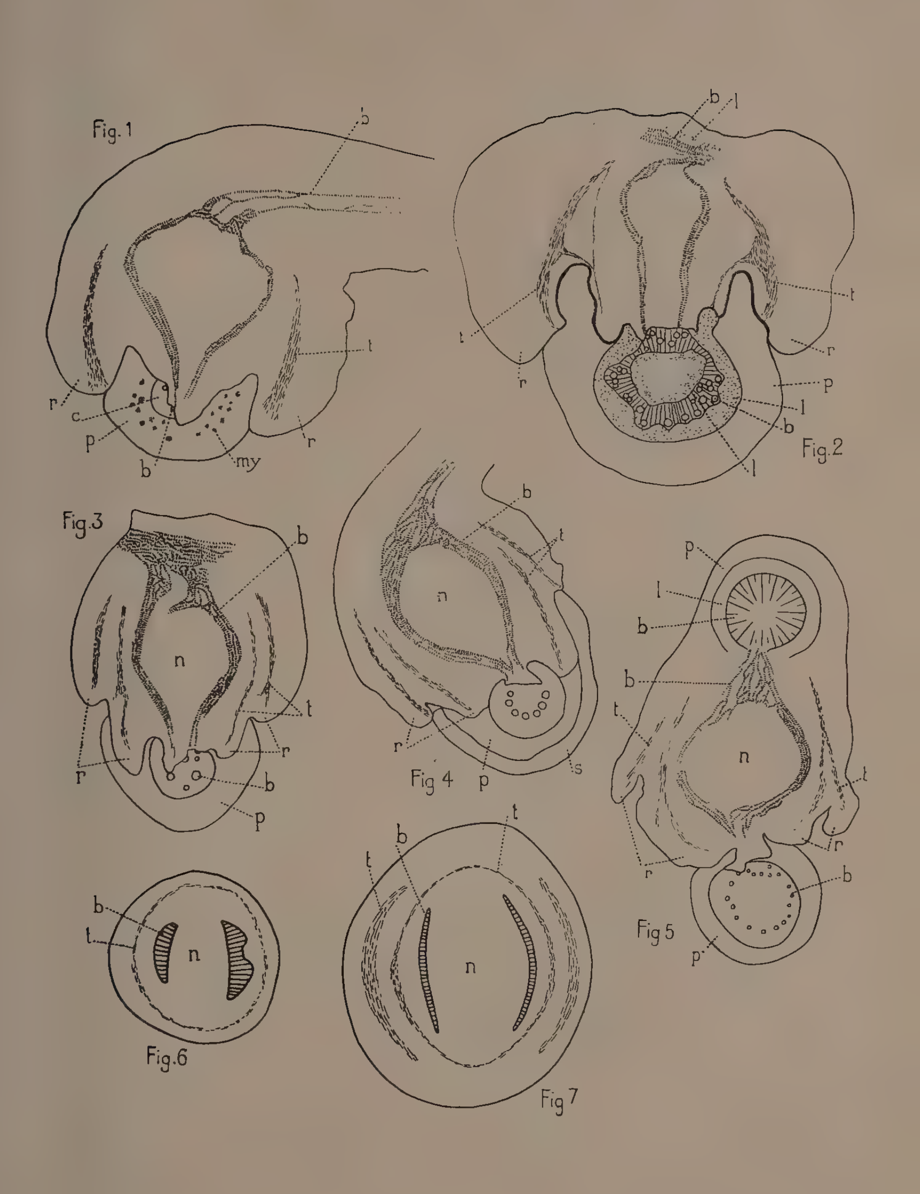
Fig. 3

Fig. 4

Fig. 5

Fig. 6


Fig. 1
f
p
m
b
l
Fig.2
b
n
c
p
t
r
p
c
Fig.4
b
p
l
a
b
c
d
h
e
f
g
i
J
k
l
Fig.3
b
c
p
Fig.5


Fig. 1
b
t
r
c
p
b
my
r
b
l
t
t
r
r
p
l
b
l
Fig. 2
Fig. 3
b
n
t
r
r
b
p
b
t
n
r
p
s
Fig 4
p
l
b
b
t
n
t
r
r
b
p
Fig 5
b
t
n
Fig. 6
t
b
t
n
Fig 7

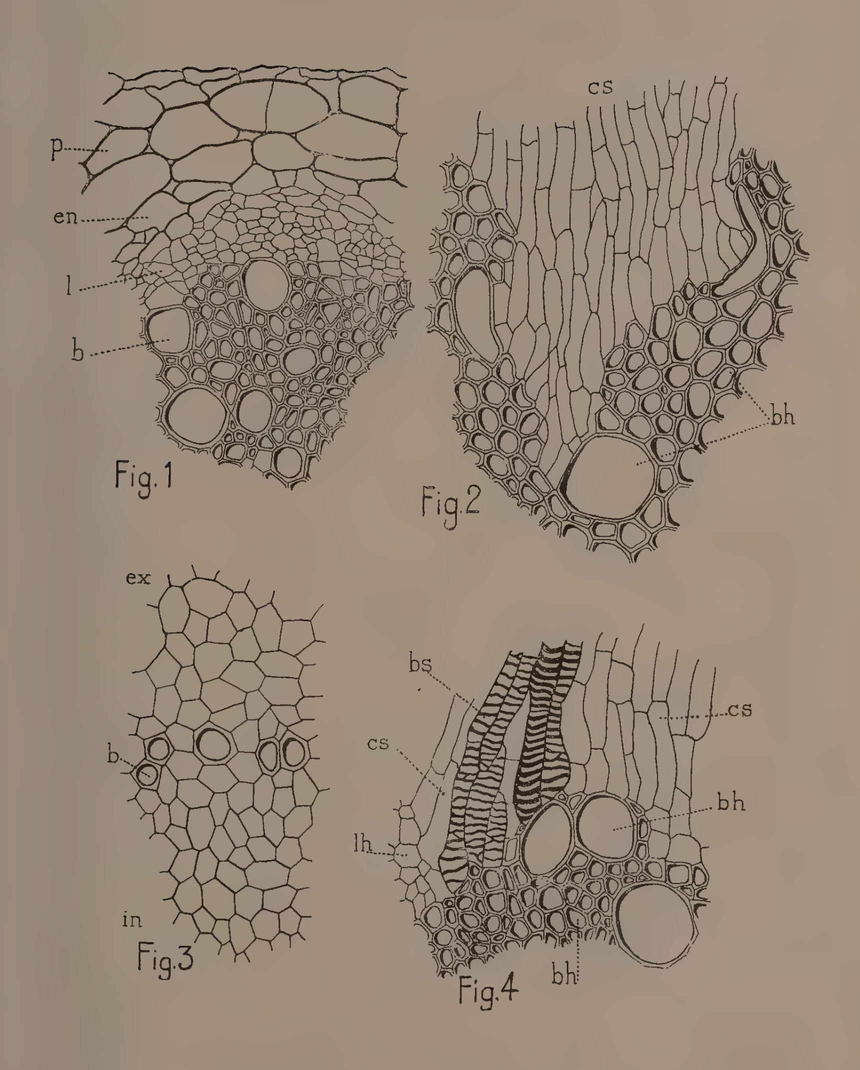

p
en
l
b
Fig. 1
cs
bh
Fig. 2
ex
b
in
Fig. 3
bs
cs
cs
bh
lh
bh
Fig. 4

Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 4.

A. PETIT

LES MALADIES CRYPTOGAMIQUES DU BLÉ

SOMMAIRE

LES MALADIES CRYPTOGAMIQUES DU BLÉ

INTRODUCTION

Le Blé est très sensible à certaines maladies cryptogamiques : les unes se développent régulièrement chaque année, comme c'est le cas des maladies charbonneuses; d'autres, telles que les Rouilles, déterminent des dégâts importants et sont nettement influencées par les facteurs ambiants; d'autres, enfin, ne causent qu'une faible dépréciation de la récolte.

Dans une première catégorie, nous rangeons les parasites principaux dont l'évolution intéresse le producteur (organismes occasionnant les Piétins, Rouilles et Charbons); dans une deuxième, nous classons les parasites secondaires qui ne peuvent être comparés, pour l'abaissement du rendement, avec les parasites précités.

Dans l'ordre de l'exposé, la localisation du champignon dans l'hôte est considérée en second lieu : maladies des semis; maladies des racines; maladies des tiges, des feuilles et des épis; maladies généralisées dans toute la plante. Ce classement n'est pas absolu, pour la simple raison qu'un parasite n'a pas une extension strictement limitée à une région déterminée de la plante; cette division correspond, avec une exactitude suffisante, aussi bien aux constatations internes qu'au facies des lésions.

Après l'examen bref des données biologiques nécessaires à la connaissance des traitements préventifs ou curatifs, nous signalons les méthodes et les remèdes envisagés, pour chaque cas.

Ces méthodes de traitement sont très diverses par leur origine, par les résultats positifs qu'elles permettent d'atteindre; aucune d'elles ne fournit une préservation totale; les méthodes génétiques, relatées dans le premier volume de cet ouvrage; les méthodes biologiques; les méthodes indirectes de fertilisation ou méthodes complémentaires; les méthodes physiques, plus utiles en pathologie animale qu'en pathologie végétale; les méthodes chimiothérapiques. Nous insisterons sur les maladies dont le traitement a fait l'objet de recherches plus détaillées (Ustilaginées et Urédinées), sur l'état actuel de ces questions. Certains problèmes, comme la préservation du Blé contre les maladies des racines et la stérilisation partielle du sol, sont restés sans solution dans la grande et la moyenne culture.

L'étude des maladies causées par les Ustilaginées (Caries, Charbons) nous a conduit à préciser l'action fongicide d'un certain nombre de substances, à rechercher le mécanisme de cette action, à envisager des traitements polyvalents, s'appliquant à plusieurs maladies. La plupart des résultats, résumés dans diverses publications, sont groupés dans un mémoire qui constitue une annexe au présent chapitre des maladies cryptogamiques.

Une liste bibliographique complète ce travail.

I. — MORPHOLOGIE ET BIOLOGIE

A. PARASITES IMPORTANTS

Ce sont certains champignons occasionnant les Piétins, les Rouilles, les Charbons et les Caries.

I. PARASITES DU COLLET ET DU PIED

LES PIETINS

On peut désigner sous le nom de Piétins des maladies localisées à la base de la tige et des gaines foliaires inférieures, dans la partie de la plante située au niveau du sol ou dans la région voisine : les Piétins et la Fusariose.

a) **Piétins.** — Plusieurs cryptogames déterminent des lésions de gravité variable, ayant pour conséquence l'arrêt partiel ou total de la circulation de la sève : *Ophiobolus graminis*, *Cercosporella herpotrichoides* et *Wojnowicia graminis*. Cette dernière espèce, qui doit plutôt être classée parmi les parasites secondaires, vit souvent en association avec le Piétin principal, dû à l'*Ophiobolus*.

L'*Ophiobolus graminis*, agent du *Piétin échaudage*, provoque le noircissement de la base de la tige et de la gaine chez les Blés durs et tendres, *Mahmoudi*, *Baroota*, par exemple, ainsi que le noircissement de la base des racines principales (maladies des racines noires). Le mycélium se ramifie dans l'écorce et les faisceaux libéro-ligneux. La verse peut aussi survenir sans que les tissus soient envahis en profondeur; le champignon secrète des substances toxiques agissant à faible dose.

Il apparaît à des périodes diverses de la végétation; le maximum d'extension a parfois lieu après l'épiage.

La phase mycélienne végétative est très longue. Après la contamination, les filaments deviennent abondants; ils s'enchevêtrent, formant des plaques caractéristiques; puis de nombreux stromas apparaissent, indiquant le début de la différenciation des périthèces (organes de fructification). Ceux-ci restent fixés sur la tige bien après la moisson. Les asques, à ascospores cylindriques très allongées, sont les germes de conservation, donnant naissance à des conidies falciformes, capables de développer un mycélium parasitant la plantule. La conidiogénèse qui précède l'introduction du parasite est un fait assez général : le micro-organisme de contamination n'est pas la spore, forme de résistance, mais la conidie.

Ce champignon se présente, dans les milieux de culture artificiels, en particulier dans les milieux gélosés, à l'état de mycélium blanchâtre, devenant un feutrage superficiel brun vert, avec de fines ramifications sur les bords, une sorte de chevelu très foncé. La croissance est lente sur les grains de froment stérilisés, même à la température optima de 20°. Le Piétin est peu sensible *in vitro* à l'alcalinité et à l'acidité du milieu.

La contamination expérimentale est facile à réaliser en Tunisie où le climat hivernal est doux. Les plantules, placées au contact des cultures (méthode FOËX), sont rapidement attaquées; le parasite envahit d'abord l'hypocotyle et les racines primaires, puis les gaines et la tige. Les plantes restent chétives, et les feuilles gardent un aspect chlorotique.

Ce Piétin se développe dans les parcelles humides, dans les endroits calcaires (crêtes) et dans les sols épuisés, par plusieurs récoltes successives, où les éléments nutritifs sont en déficience; c'est à juste titre que cette maladie est considérée comme résultant de la carence des éléments minéraux.

L'*Ophiobolus* attaque aussi, à un moindre degré, l'Orge, l'Avoine, le Seigle; il semble vivre en saprophyte sur le Sorgho; il parasite un certain nombre de Graminées spontanées : *Aegilops*, *Lolium*, *Phleum*, *Bromus*, *Dactylis* (FOËX et ROSELLA, KIRBY, etc.), *Agropyrum repens*, *Hordeum murinum*, *H. jubatum*, *Phalaris* sp. Il est donc difficile de le faire rapidement disparaître. Ce fait est commun à plusieurs parasites polyphages (*Urédinées*, *Septoria*, *Asterocystis radicis*, Piétin-verse, etc.).

En Tunisie, l'Avoine et le Seigle sont généralement indemnes.

Le Piétin-verse, causé par *Cercosporella herpotrichoides*, est caractérisé principalement par la présence de « taches ocellées » sur la gaine des feuilles et de la base de la tige, taches brun clair, entourées d'une zone plus foncée.

Sur les milieux de culture artificiels, des colonies veloutées apparaissent qui deviennent bientôt brun foncé; elles ont alors une tendance nette à s'épaissir en membranes mamelonnées, adhérant fortement aux parois du tube de culture. Ce parasite pousse sur les milieux les plus divers (farine, débris de paille, grains humides, solutions sucrées).

Les conidies se développent abondamment sur les milieux à base de farine. Le mycelium brun, septé, s'enroule sur lui-même. On ne connaît pas de formes de fructification.

La première contamination a lieu surtout après les semailles, par l'intermédiaire de conidies; on constate aussi des contaminations secondaires s'échelonnant à diverses époques de la végétation.

Le Piétin-verse est aussi fréquent en Tunisie au cours des années pluvieuses que le Piétin échaudage.

Cercosporella herpotrichoides attaque aussi d'autres espèces (Orge, Avoine, Seigle) et, d'après Srague, les zones à céréales où l'on rencontre des associations végétales à *Festuca* et *Agropyrum repens*.

Quant à *Wojnowicia graminis*, peu dangereux, c'est un commensal de l'*Ophiobolus* plutôt qu'un parasite strict; la pénétration des filaments est en général superficielle.

b) **La Fusariose.** — L'existence de cette maladie s'établit par l'aspect rose du collet et des nœuds de la tige, dû à la présence de conidies pigmentées.

F. Bœuf a étudié cette espèce pour la première fois en Tunisie et en a décrit les caractères morphologiques et les principaux symptômes : échaudage et dessiccation des épis; altération du pied et des nœuds de la tige; apparition de nombreuses conidies fusiformes. Ce parasite a été identifié à *Melanospora damnosa*.

Après isolement des cultures pures sur milieu artificiel, on obtient un feutrage abondant sur moût gélosé, sur pomme de terre, ou simplement sur des grains de Blé stérilisés à l'autoclave. L'examen du mycelium, d'un diamètre très variable, de 0,5μ à 6μ (Pl. III, fig. 1), nous induit à penser qu'il pourrait exister des formes filtrables. Toutes ces cultures sont teintées en rose par le pigment diffusé. Les conidies se formant sur les filaments terminaux (Pl. III, fig. 2) sont des fuseaux allongés de 34×7μ, à 5 cloisons, souvent asymétriques ou recourbés à leurs extrémités (Pl. III, fig. 3 et 4). Ces conidies sont très abondantes dans les milieux de culture; nous n'avons pas observé *in vitro* la formation de périthèces. C'est uniquement la forme conidienne qui persiste jusqu'à la récolte. Les périthèces, d'ailleurs très rares, se différencient longtemps après la moisson, sous forme de vésicules pyriformes, renfermant les ascospores, fuseaux courts d'un vert foncé.

Cette maladie détermine une grande dépréciation de la récolte lorsque la végétation du Blé est affaiblie par une sécheresse persistante. La généralisation des bonnes méthodes de préparation du sol semble avoir déterminé sa régression en Tunisie.

2. PARASITES DES TIGES, DES FEUILLES ET DES EPIS

LES ROUILLES

Nous résumerons les traits essentiels des caractères morphologiques et du développement de la Rouille des tiges, *Puccinia graminis;* nous citerons les principales particularités relatives à *P. triticina* et à *P. glumarum.*

a) **Distinction des formes.** — Les trois espèces de Rouille se différencient les unes des autres par des caractères macroscopiques et microscopiques, accessoirement par la précocité. Ces caractères sont groupés dans le tableau suivant.

TABLEAU I

Précocité et caractères morphologiques des Rouilles du Blé

ESPÈCE	Précocité (ordre décroissant) I, II, III	Forme des postules	Couleur des postules	Forme des urédospores	Localisation sur la plante
P. glumarum ..	I	Raies fines.	Orange	Spérique.	Sur les feuilles, plus tard les glumes.
P. Triticina...	II	Tâches circulaires souvent dispersées.	Ocre	id.	Sur les feuilles.
P. Graminis...	III	Lésions linéaires parfois groupées.	id.	Contour elliptique.	Surtout sur les tiges, les glumes.

La distinction basée sur la précocité n'est pas un critérium absolu : *P. graminis* apparaît parfois en premier lieu, et *P. Triticina* se développe, certaines années, avant *P. glumarum.* Enfin, *P. graminis* envahit aussi les glumes, et *P. Triticina*, les tiges.

Les Rouilles présentent des formes biologiques analogues aux variétés de Blé par rapport à l'espèce. On a identifié 125 races de *P. graminis Tritici*, 27 de *P. gr. Secalis*, 7 de *P. gr. Avenae*, 12 de *P. Triticina*, 10 de *P. coronata*, etc.

On repère une race physiologique par plusieurs méthodes convergentes :

1° La virulence d'une forme, isolée et conservée à l'état pur, par culture sur le vivant, reste toujours, dans des conditions ambiantes identiques, semblable, par rapport à celle des autres races physiologiques. On compare donc la résistance relative d'une douzaine de variétés « réactifs », choisies parmi les diverses espèces de *Triticum*. On emploie le même procédé pour les variétés de parasites, autres que les Rouilles, en utilisant en outre les caractères des cultures sur milieux stérilisés (Wallace, Newton, Johson, Brown, Stakman).

2° La valeur du rapport, largeur—longueur de l'urédospore, observée sur un grand nombre d'échantillons (plusieurs centaines), est précieuse pour une détermination (Levine).

3° La forme et l'association des pustules, l'absence ou la présence d'une auréole blanche autour des sores, sont des indices complémentaires contribuant à la vérification directe.

4° Les pustules et les écidiospores de la plante-hôte fournissent des précisions de même ordre.

Une température de 20°, l'humidité de l'atmosphère facilitent la germination des spores. La variabilité des conditions météorologiques rend très difficile la distinction certaine des formes biologiques, car les caractéristiques varient selon les conditions ambiantes. Pour identifier définitivement telle forme, il serait indispensable de procéder à des épreuves de contamination, à l'aide des variétés réactifs (dont il a été question), dans des serres *ad hoc*, compartimentées et pouvant être facilement désinfectées. Il faudrait alors cultiver le Blé avec de la terre ayant la même composition, l'air du sol devant être conditionné d'une manière aussi constante que possible sous le rapport de l'humidité et de la température, au cours des mêmes périodes des années successives. Certaines formes hétérozygotes (*P. graminis Tritici*, formes 17, 21, 36, 48, 52, 53) compliquent encore le travail de sélection (Johnson, Newton, Brown).

De nouvelles formes physiologiques apparaissent constamment par hybridation, entre mycéliums possédant des caractères sexuels opposés (hétérothallisme), suivie de disjonction, ainsi que cela se produit dans la descendance des hybrides. Le nombre des races physiologiques identifiées dépasse 200 pour les céréales; il s'accroît sans cesse.

On a même constaté des hybridations entre espèces différentes de Rouilles; les hybrides peuvent contaminer les plantes (Blé, Seigle, etc.) parasitées respectivement par chaque Rouille (Craigie, Newton, Johnson, Brown, Stakman).

b) **Transmission et biologie de Puccinia graminis.** — La propagation a lieu : 1° par l'intermédiaire de plantes-hôtes (*Berberis*, *Mahonia*); 2° par la germination d'urédospores restées à l'abri des intempéries ou produites sur des Graminées spontanées et sur des plantes vivant à contre-saison.

Le rôle des plantes-hôtes s'avère de moins en moins important en raison de la destruction presque totale de ces végétaux, en particulier de l'Epine-Vinette. De nombreux pays ont rendu obligatoire la destruction des plantes-hôtes.

L'apparition des premières pustules ocre sur la tige ou sur la face inférieure de la feuille du Blé a lieu généralement au début du printemps, en Tunisie (Pl. I, fig. 1). Si la maladie s'aggrave, les pustules s'accroissent et se réunissent en agglomérations striées; à ce niveau, l'épiderme déchiré, est soulevé en lambeaux par les organes de fructification. Selon que la sensibilité de la plante est plus ou moins grande, l'humidité de l'air plus ou moins importante, les raies initiales atteignent primitivement de 1 à 3^{mm} de longueur. Si l'on examine au microscope des débris de tissus prélevés avec le scalpel, on reconnaît la présence d'un très grand nombre de spores (urédospores), unicellulaires, ovoïdes, binucléées, parfois légèrement étranglées dans la partie médiane (Pl. I, fig. 7). Ces urédospores (spores printanières) constituent la poussière ocre qui tombe sur le sol si l'on secoue une plante rouillée.

Un nombre important de spores se répand sur le sol, dans les sillons, les fissures ou crevasses; une autre partie est véhiculée par le vent et les Invertébrés sur les pieds de Blé environnants, restés indemnes; enfin, une certaine quantité est transportée à grande distance.

Les urédospores déposées sur les tiges et les feuilles émettent un tube germinatif qui ne tarde pas à pénétrer dans les tissus chlorophylliens par les stomates épidermiques, orifices destinés à régler les échanges respiratoires.

Plus l'orifice stomatique est étroit, plus il serait difficile au mycélium de contaminer le Blé; la résistance des variétés dépendrait notamment des dimensions de cet orifice. Une telle corrélation aurait la plus haute importance si elle était établie; elle aurait l'avantage de réduire l'appréciation de la résistance à une simple mensuration. Pour Hart, l'infection est en relation étroite avec la durée de l'ouverture des stomates et avec l'épaisseur des couches de sclérenchyme.

La période nécessaire pour la formation d'un sore (période d'incubation) étant d'une dizaine de jours en moyenne (de 6 jours à plus d'un mois), on s'explique pourquoi l'épiphytie se propage brusquement : les premières pustules, en petit nombre, ont passé inaperçues. Mais la grande quantité de spores produites est un facteur essentiel de l'extension rapide des Rouilles, même à grande distance. On a capté des urédospores, à des altitudes diverses, au moyen de pièges installés sur des avions.

Les dommages causés sont déterminés en grande partie par la phase urédosporogène du champignon. Les filaments s'irradient à une assez grande distance des sores dans les régions vasculaires et dans les tissus apparemment sains (Pl. I, fig. 11).

Un mois environ après la formation secondaire, massive, des urédospores, vers fin mai en général, les pustules brunissent et passent au noir. Ce virage résulte de la différenciation, dans les mêmes plages attaquées, d'éléments bicellulaires (Pl. I, fig. 8), uninucléés, les *téleutospores*, de couleur brune, mais qui paraissent noires par superposition. Ces urédospores, ou spores printanières, sont des germes de propagation de la Rouille de Blé à Blé; les téleutospores, spores estivales de résistance, assurent le passage de la maladie d'une année à la suivante, par l'intermédiaire de plantes-hôtes, botaniquement bien différentes du Blé. Cette germination des téleutospores, sur les plantes-hôtes, est possible si ces spores d'été sont restées longtemps à l'état de vie ralentie, exposées à l'action des intempéries; il est en effet difficile de provoquer la germination de téleutospores récemment récoltées; la plupart des spores qui se détachent spontanément ne sont pas mûres. La température optima de germination des téleutospores est de 20°.

Les plantes-hôtes, découvertes jusqu'à ce jour, sont des Berbéridées (*Berberis vulgaris* et *B. hispanica*) et des *Mahonia*, dans l'Europe occidentale et l'Afrique du Nord. En Tunisie, les plantes-hôtes sont probablement très peu nombreuses.

Les téleutospores infectent la plante-hôte par l'intermédiaire de sporidies ou basidiospores qu'elles produisent au printemps suivant. Celles-ci sont sensibles à la chaleur et à la sécheresse. Il en résulte que la contamination Blé — Epine Vinette est impossible en été; une température printanière douce est indispensable à la germination de ces sporidies.

Leur tube germinatif, issu de la sporidie, pénètre dans la feuille d'Epine Vinette, s'y développe en mycélium haploïde qui produit, à la face supérieur, de minuscules conceptacles ou pcynides contenant les pycnospores, germes de très petites dimensions (2 μ). Le rôle des

pycnospores est resté longtemps inconnu. CRAIGIE a montré qu'il est nécessaire que deux mycéliums haploïdes de sexes opposés fusionnent pour donner un mycélium diploïde produisant alors, à la face inférieure des feuilles, des fructifications nouvelles, des écidies, remplies d'écidiospores. La réunion de deux mycéliums haploïdes de sexes opposés serait surtout réalisée par l'action, sur le mycélium des taches préexistantes, de pycnospores de l'autre sexe.

Ces écidies sont des taches rondes, de couleur jaune citron, crevant les tissus superficiels. Les écidiospores peuvent être rapprochées physiologiquement des urédospores par leurs caractères généraux, leurs réactions vis-à-vis des antiseptiques, leurs exigences thermiques et hygroscopiques; elles germent sur le Blé et sur des Graminées spontanées, plantes adventices des cultures. Contrairement à ce qui était admis autrefois, elles peuvent être transportées à des distances considérables. La pénétration du tube germinatif de l'écidiospore dans les tissus s'effectue à travers les stomates. La période d'incubation pour la production d'écidies sur l'Epine-Vinette, ou de sores à urédospores sur le Blé, est aussi d'une dizaine de jours.

Pour expliquer la présence de la Rouille dans les régions dépourvues de plantes-hôtes, avant la contamination de l'Epine Vinette, dans les régions où cette Berbéridée existe, on a supposé que les urédospores conserveraient la maladie d'une année à la suivante. Une telle transmission a lieu effectivement dans les conditions suivantes.

Les urédos s'observent rarement en été parce que les conditions favorables de la germination ne sont pas réalisées pendant cette saison : une forte humidité, de la rosée, la présence de gouttelettes d'eau sur les feuilles, une température se rapprochant de 20° (le maximum est 30°). Des chiffres voisins ont été obtenus en ce qui concerne les urédospores de *P. Triticina*, celles de *P. glumarum* et les spores d'un grand nombre de champignons divers. La phase uredo existe, quoique régressée, sur les plantes croissant à contre-saison dans les parties humides des jachères, et sur certaines Graminées, adventices des cultures (*Alopecurus*, *Lolium*, *Agropyrum*, *Hordeum*) ou plantes refuges (GUYOT). La maladie peut être transmise, dans des circonstances ambiantes favorables, à l'Epine-Vinette, au *Mahonia* (MAIRE). La Rouille existe à l'état latent pendant toute la saison chaude.

La vitalité des urédospores a une durée de l'ordre de quatre mois.

DUCOMET a constaté de la Rouille, en octobre, sur du Blé semé en août, et il a observé des urédos, en janvier, sur du Blé semé en novembre; il attribue la propagation et la conservation de la maladie aux urédospores pérennantes. La grosseur des sores est en fonction directe de la température. Les urédospores de *P. graminis* résistent aux plus grands froids de l'hiver. Nous avons fait en Tunisie des constatations de même nature.

L'influence néfaste d'une pluviométrie et d'une humidité excessives est un fait banal. Les grandes épiphyties de Rouille noire apparaissent en Tunisie à la faveur d'un brouillard précédé de pluies. Si la température s'abaisse la nuit et altère la résistance de la plante, la Rouille envahit non seulement la tige, mais aussi les feuilles et les glumes, particulièrement si le mois de mai est humide. Cet accident a tendance à se répéter dans les terres riches en azote, retenant une forte proportion d'eau. Tous les Blés, durs ou tendres, sont alors couverts de pustules; seul, le Blé dur *Mrari* s'est montré jusqu'à présent indemne.

P. graminis envahit plus rarement les autres céréales (Orge, Avoine, Seigle) et peut être véhiculée sur les plantes refuges.

Les urédospores restant à la surface du sol peuvent provoquer la Rouille sur les jeunes plantes. Le sol est parfois recouvert, particulièrement au cours des « années à Rouille », d'une très grande quantité de spores de printemps. Les éclaboussures provoquées par la pluie, le contact des feuilles inférieures avec le sol assurent la contamination.

Etant donné l'existence de nombreux cas de *transmission interne héréditaire*, en pathologie animale et en pathologie végétale, la question s'est aussi posée pour les Rouilles; celles-ci résultent-elles du développement de germes situés dans l'embryon ou au contact de la graine ?

1° Un nombre élevé d'urédospores et de téleutospores a été décelé dans le sillon du grain, à l'intérieur des téguments, comme nous l'avons constaté pour le *Baroota*. Nous pouvons estimer qu'un grain de Blé rouillé retient plusieurs dizaines d'urédospores de *P. glumarum* ou de *P. graminis* et quelques téleutospores. La prépondérance des germes de Rouille est très grande : on compte 1 % à peine de spores appartenant à diverses Dématiées.

Les spores retenues par le grain à sa surface ou situées à son intérieur ne sont pas capables d'infecter la plantule. Les expériences très concluantes d'Hungerford ont tranché pratiquement cette question par la négative. Cet auteur a utilisé un dispositif expérimental réalisant toutes les précautions désirables pour parer à une erreur possible par contamination extérieure. Il faut donc admettre, dans les conditions culturales habituelles, que la Rouille précoce des plantules n'est pas la conséquence du développement de spores internes ni de celles qui se trouvent à la périphérie du grain. Les spores extérieures au grain sont tuées par le traitement cuprique des semences, effectué dans un autre but : préserver le Blé des Ustilaginées.

2° Une autre supposition a été faite par Eriksson qui admettait

que le mycélium de la Rouille était mélangé à la matière vivante des cellules du Blé pour former un complexe, le *mycoplasme*. La Rouille était donc, d'après cette conception, une maladie interne, vraiment héréditaire.

A l'époque où cette théorie fut proposée, on la considéra comme une grande innovation. Cette manière de voir devint pour son auteur une doctrine tendant à tout expliquer : la conservation de la Rouille pendant plusieurs années par l'intermédiaire du grain et son apparition dans des contrées manifestement dépourvues de plantes-hôtes, comme c'est le cas de certaines régions de la Suède; la présence de sores à urédospores sur les feuilles de plantules, cultivées dans un milieu aseptique, dans des récipients étanches.

La doctrine d'ERIKSSON se trouvait en désaccord avec les notions classiques sur les relations de l'hôte et du parasite; elle admet l'existence d'un fait absolument nouveau en biologie végétale : le mélange de deux substances vivantes appartenant à des espèces très éloignées l'une de l'autre.

La forme mycoplasmatique, d'abord indifférenciée à l'état de corpuscules sphériques, donnerait naissance, lors de la croissance de la plantule, aux filaments caractéristiques, produisant plus tard les pustules à urédospores. Cette théorie très originale, qui suppose à nouveau l'individualisation du cytoplasme de la plante, s'est trouvée en contradiction avec de nombreux faits ne permettant plus sa soutenance.

Si l'on cultive du Blé dans une enceinte vitrée, close, dépourvue de spores de Rouilles, ainsi que nous l'avons expérimenté à plusieurs reprises sur une variété extrêmement sensible, la maladie ne se déclare pas, alors que les plantes témoins, placées à l'air libre, sont couvertes de pustules, résultant de l'apport de germes, transportés par les courants de l'atmosphère. Nous n'avons d'ailleurs constaté aucune infection initiale sur des organes protégés, par ex., sur de jeunes épis et sur les tiges recouvertes par les gaines, et soustraits au contact de l'air. Les Blés, placés à l'abri des vents dominants et situés loin des cultures, rouillent avec un retard ne s'expliquant que par une contamination uniquement d'origine externe.

Les spores franchissent de grandes distances grâce aux courants aériens. La grande épidémie de Rouille noire de Pologne (1932) a été attribuée au transport de germes venus des régions situées au Sud (Roumanie, Bulgarie). La Rouille noire s'est déclarée dans la plaine hongroise à la suite de germination d'urédospores originaires des pays méridionaux. Les exemples de ce genre sont nombreux et très démonstratifs quant à l'origine de la Rouille, résultant de l'apport

de germes transportés par les courants atmosphériques, venant de régions parfois lointaines (en Russie, aux Etats-Unis, etc).

Il est établi que les corpuscules mycoplasmatiques ont été confondus avec des inclusions contenues dans les filaments mycéliens (corpuscules métachromatiques). Au moment où cette théorie fut répandue, le rôle des plantes refuges, le transport des spores à grande distance par les courants atmosphériques, la durée de leur vitalité n'étaient pas suffisamment précisés.

P. graminis sévit sur les Blés durs et sur les Blés tendres, *quelle que soit leur précocité : Mahon*, *Baroota*, *Florence*, *Irakié*.

L'extension des Rouilles (en particulier *P. graminis*) est grandement facilitée par d'autres maladies (*Piétins*, *Cladosporiose*, *Helminthosporiose des racines*).

c) **Rouille des glumes** (*Puccinia glumarum*). — Cette espèce, généralement la plus précoce, n'a pas de plantes-hôtes connues. Les sores sont disposés en séries linéaires sur les feuilles et les glumes (Pl. I, fig. 13, 14, 15). Les urédospores, de couleur orangée, sont sub-sphériques (Pl. I, fig. 12); les téleutospores (fig. 16) ressemblent à celles de *P. graminis*. La perennité de cette Rouille est assurée par les plantes adventices (*Hordeum jubatum*, *Bromus* sp.). GUYOT et SCHAD ont montré qu'elle se conservait en France, comme *P. graminis*, pendant les hivers les plus rigoureux et pendant l'été, par l'intermédiaire de la phase urédo. Nous avons provoqué expérimentalement la transmission de la Rouille jaune par la méthode des semis échelonnés, par passages successifs.

Le maximum d'extension sur les feuilles et les glumes a lieu fin avril en Tunisie; le grain subit une réduction corrélative d'une diminution de rendement. Les Blés tendres précoces sont souvent atteints par *P. glumarum*. Les Blés tendres de grande culture se classent par ordre décroissant de résistivité : *Mahon* et *Baroota*, *Florence-Aurore* et *Pusa-Florence*, *Irakié* et *Florence*. *P. glumarum* endommage peu les Blés durs, à l'exception de certaines variétés étrangères (*Mrari*).

c) **Rouille brune** (*Puccinia Triticina*). — Cette Urédinée cause peu de dégâts sur les Blés durs et tendres. Les plantes hôtes sont *Thalictrum flavum* et *T. minus*. Les urédospores ocres sont sensiblement sphériques (Pl. I, fig. 9). Les pustules généralement rondes, de diamètre variable (Pl. I, fig. 10), mais toujours *courtes*, indiquant l'intensité de l'attaque, sont dispersées sur la tige et les feuilles, rarement sur les glumes.

La grande complexité des modes de transmission est une des rai-

sons rendant très difficile la préservation totale des céréales. On n'a pas réussi jusqu'à présent à cultiver la Rouille sur milieu artificiel.

Les principaux moyens envisagés pour enrayer le développement de ces dangereux parasites sont de sélectionner les variétés résistantes et de pratiquer de bonnes méthodes culturales (jachère, brûlage des chaumes, etc.).

3. LES MALADIES CHARBONNEUSES

Les espèces que l'on rencontre sur le Blé appartiennent à trois genres morphologiquement voisins : *Tilletia*, *Ustilago* et *Urocystis*, classés en deux groupes, d'après leur évolution et la disposition des sporidies sur le promycélium : les Charbons et les Caries.

Dans les Charbons, la formation des sporidies est latérale; chez les Caries, les sporidies terminales, réunies à une base commune, sont disposées en éventail. Les Caries ne détruisent pas les parois du grain, alors que les Charbons attaquent même les téguments. Les spores de Charbons sont beaucoup plus ténues que celles des Caries.

a) LES CARIES

Nous avons constaté en Tunisie la présence de deux espèces attaquant le grain : *Tilletia Tritici* et *T. levis;* une espèce, botaniquement classée dans les Caries, détruit les tissus des feuilles (Charbon des feuilles ou *Urocystis*).

Urocystis Tritici. — Cette Carie détruit les feuilles où se produit la sporulation; les raies brunes apparaissent aussi sur les tiges (Chrestian). L'aspect des feuilles noircies, enroulées, est caractéristique.

Une différence morphologique importante existe entre les spores de ce parasite et celles des Caries typiques. Chacune des spores d'*Urocystis* est entourée de cellules vides, ce qui facilite la dissémination des amas. La propagation de la maladie s'effectue, comme pour la Carie du grain, par contamination directe de la semence. L'*Urocystis* peut envahir aussi toute la plante; les tissus sont désorganisés et remplis d'organes de fructification. La contamination se produit principalement par les spores du sol.

On rencontre *Urocystis Tritici*, en Tunisie, dans les cultures (de *Mahon* souvent) faites en sol contaminé, ou dans celles qui sont issues de semences non traitées aux sels cupriques. Son extension paraît, jusqu'à présent, assez limitée.

Tilletia Tritici et **T. levis.** — Les spores de *T. levis* se différencient

aux dépens de vésicules mycéliennes (Pl. II, fig. 1) qui s'agrandissent; la spore adulte présente une surface lisse, un contour elliptique accusé, et de nombreuses inclusions graisseuses, visibles sans coloration (fig. 2 et 3). En écrasant un grain carié et en observant au microscope la poussière noire, on voit aussi des spores de forme moins commune, à l'extrémité recourbée (fig. 3), des formes tétraédriques (fig. 4). Au contraire, les spores de *Tilletia Tritici* présentent un contour sphérique beaucoup plus régulier; leur surface est ornée d'échinulations en saillie s'entrecroisant et dessinant des polygones (fig. 5).

La distinction des deux espèces par comparaison des épis atteints est le plus souvent impossible. Il arrive que la Carie détermine un gonflement des épillets qui s'écartent légèrement du rachis (disposition en éventail). Cet écartement paraît plus fréquent dans le cas de *Tilletia Tritici*. Il ne faut pas attacher, non plus, une grande importance à la forme des grains cariés : grains allongés avec *Tilletia levis*, et subsphériques avec *T. Tritici*. Le meilleur caractère différentiel, à part l'examen microscopique, est certainement la virulence : *T. levis* est d'une virulence plus grande que *T. Tritici*, lequel ne cause parfois que des dégâts insignifiants. *T. Tritici* est moins adapté au climat que *T. levis*, d'où une prépondérance presque absolue de cette dernière espèce : sur 100 échantillons de Blé, 1 % environ est parasité par *T. Tritici*.

Une troisième espèce aurait été découverte aux Indes anglaises par Mitra. *Tilletia indica* se distinguerait des espèces précédemment citées par l'absence d'inclusions graisseuses, l'absence de triméthylamine.

T. Tritici attaque aussi d'autres espèces : *Aegilops ventricosa*, le Seigle, *Lolium*, les hybrides Blé-Seigle, inoculés expérimentalement. La présence du mycélium dans ces hybrides a été proposée par Gaines et Stephenson pour reconnaître la nature spécifique des hybrides Blé × Seigle.

Dans le tableau suivant sont rassemblés quelques exemples de sensibilité de Blés à différentes souches de Carie. (Tableau II, p. 209).

Triticum monococcum est en général résistant. Les Blés à 14 chromosomes présentent une résistance intermédiaire entre celle des *T. monococcum* (à 7 chromosomes) et les variétés du groupe à 21 chromosomes. Les Blés durs résistant sont typiquement des *durum*, avec carène de la glume très accusée et glaçure du grain très brillante. La

TABLEAU II

Comportement de quelques variétés de Blé par rapport à diverses souches de Carie

Degrés de contamination : L^1 = 1 gr. de spores par kilo de grain; L^2 = 5 gr. par kilo.

Les chiffres de colonnes indiquent les pourcentages d'épis cariés.

	T. Levis d'origine tunisienne		Echantillons envoyés par de Jackievski — Souche n° 6		Echantillons envoyés par de Jackievski — Souche n° 7	
	L^1	L^2	L^1	L^2	L^1	L^2
T. Monococcum	0	0,1	»	»	»	»
T. Polonicum						
Variété I	7,6	9,3	0	3,3	2,5	7,3
T. turgidum		»	»	»	1,2	1,2
T. Persicum	2,4	2,6	0	2	4,1	7
T. durum						
Mekki	»	»	0	0,2	»	
Biskri	4,2	5,4	2,7	5,2	2,2	10,4
Jenah-Rhetifah	0,6	0,4	0,2	0	0	0
Mahmoudi	4,7	6	0,7	3,1	2,5	5,4
Agili	6,6	6,4	»	»	6,3	16,2
Azizi	9,8	19,4	0,5	5,1	5,7	8,2
Hybride durum×vulgare						
Type durum	4,2	11,6	1,6	3,1	11,8	11,9
Type intermédiaire	17,3	29,5	15,3	20	4,1	19
Type vulgare	3,8	4,2	0,4	1,9	0,3	2,3
T. pyramidale	47,8	66,3	9,2	11,5	15,4	25,4
T. vulgare						
ferrugineum	91	91,6	»	»	»	»
milturum	91,5	78,7	»	»	»	»
alborubrum	41	50	»	»	»	»
cæsium	49,2	85,6	»	»	6,2	40
sphærococcum	60	90	»	»	»	»
lutescens	82,4	85,2	»	»	35,5	80
delfii	58	96,4	87,5	84,6	27,4	80

résistivité ne paraît pas avoir de rapport avec la pigmentation de l'épi, celle des barbes ou du grain. Pour connaître la sensibilité des hybrides *durum* × *vulgare* instables, nous avons semé des grains d'épis aussi semblables que possible, provenant de trois lots : un lot se rapprochant des *durum*, un lot intermédiaire, un lot se rapprochant des *vulgare* (formes speltoïdes). A la récolte, la grande proportion des pieds homogènes nous a permis d'établir que le type intermédiaire est plus attaqué que l'hybride voisin du groupe *durum*. Le type « speltoïde » se comporte comme le type *durum* quant à sa résistivité. Les *Triticum Persicum* et *T. turgidum* sont peu sensibles. La résistivité est aussi variable chez les Blés durs que chez les Blés tendres : les variétés *Mekki* et *Jenah-Rhetifah* permettraient peut-être d'éviter le traitement annuel des grains. *T. pyramidale* serait à rapprocher des types *vulgare*, extrêmement susceptibles, surtout à la souche tunisienne de *T. levis*, la plus virulente des dix variétés de parasites éprouvés. Si la résistivité des Blés paraît être en relation inverse du nombre de chromosomes, elle dépend aussi de facteurs mendéliens indépendants des caractères morphologiques.

Il reste, dans une récolte d'apparence saine, quelques grains cariés qui suffisent, en raison du grand nombre de spores contenues dans chacun d'eux (jusqu'à 10.000.000), à contaminer les grains et à *rendre le traitement annuel des semences rigoureusement indispensable;* la souillure des grains ne peut être évitée, car aucun traitement n'est absolu. Les félures et les cassures des grains, les blessures de leurs téguments et celles de l'embryon facilitent singulièrement la fixation des spores et les chances d'infection. Un traitement efficace limite la proportion d'épis cariés à un taux inférieur à 1 sur 10.000. Un grain souillé peut retenir environ 100.000 spores. On conçoit donc que, malgré les meilleures précautions préventives, la Carie existe toujours à l'état latent, même après quatre et cinq traitements annuels. Si le traitement était supprimé, on ne tarderait pas à constater de nouveau des ravages importants.

La contamination du grain est de beaucoup la plus fréquente; celle du sol est exceptionnelle en Tunisie.

Cette contamination du Blé par les semences est subordonnée à la vitesse de croissance de la plantule dans les climats froids et humides, à la sensibilité de la variété, à la quantité de spores retenues par les grains et aux conditions de milieu à l'époque de la levée.

La germination des spores coïncide précisément avec la période de susceptibilité du végétal qui dure un mois (Percival).

Le mycélium, issu de la spore (Pl. II, fig. 6-8), donne naissance aux sporidies primaires (fig. 11-12), cellules ne possédant qu'un noyau et se comportant ici comme des éléments de sexes opposées, s'unissant

pour former un dikaryon, par la réunion des deux noyaux de chaque sporidie.

Ces fécondations s'effectuent, très tôt, entre les sporidies; on remarque, au moment de la germination, des communications (Pl. II, fig. 12) unissant les sporidies deux à deux; chaque paire présente alors une forme d'H. La conjugaison hétérothallique se reconnaît à la présence de ces ponts protoplasmiques. Chaque sporidie isolée n'est pas dangereuse.

Le mycélium issu d'une sporidie (promycélium) développe des filaments à travers l'épiderme de la gaine extérieure, puis dans la zone d'accroissement de la tigelle. Les ramifications mycéliennes envahissent ensuite tous les tissus, à l'exception de l'épiderme. Par des sections transversales, il est aisé de déceler le parasite dans la tige (Pl. II, fig. 10).

Le mycélium, très irrégulier au point de vue du contour, est bien différent des filaments des Basidiomycètes (Pl. II, fig. 9-10). Il ne tarde pas à être phagocyté. Si la plante n'est pas résistante, le parasite pénètre dans l'ovaire et se développe dans le caryopse.

Les dégâts portent aussi sur la réduction du nombre des tiges et le rabougrissement des feuilles. La hauteur des chaumes est souvent diminuée; un certain nombre d'épis chétifs et stériles se produisent tardivement (Viennot-Bourgin). Cet auteur a aussi montré que les tissus médullaires sont hypertrophiés.

On distingue, comme pour les Rouilles, d'après la résistance de telle variété de Blé à telle souche de Carie, des races biologiques spécialisées.

Si l'on repique les cultures d'origine monosporidienne, on obtient des souches, distinguables les une des autres, par le contour des colonies, la consistance du feutrage, les dessins des zones d'accroissement, la couleur, etc. Pour obtenir des cultures pures, il suffit de déposer quelques spores sur de la gélose nutritive, et de placer au-dessus, avec les précautions usuelles (empêchant l'apport de germes extérieurs), une lame porte-objet, enduite du côté inférieur d'un milieu solide quelconque. Comme les sporidies sont projetées, chaque colonie proviendra évidemment d'une seule cellule.

Outre ces différences morphologiques, les cultures monosporidiennes peuvent être polarisées sexuellement en sens opposé. Chaque culture pure unisporidienne est incapable de contaminer le Blé, même avec un inoculum massif. La virulence ne se constate que lorsque la culture est mixte, qu'elle provient de la fusion de deux mycéliums de sexes opposés (hétérothallisme).

Flor a créé, en partant de cultures pures monosporidiennes, une

espèce hybride; *T. Tritici* × *T. levis*, dont les caractères dominants sont ceux de *T. levis*.

Le rôle de la quantité de spores par grain s'explique : une spore donne naissance à nombre de sporidies, tel que la fusion hétérothallique a toujours lieu. Pratiquement, on a constaté que la Carie se déclare toujours si le gain retient environ 100 spores. Or, il existe fréquemment une telle quantité de spores sur le Blé issu de semences, imparfaitement désinfectées. Les spores restent vivantes 10 ans et même 12 (nous sommes certain qu'après 3 ans la virulence n'est pas diminuée); elles se conservent aux plus basses températures; le gel n'altère pas leur vitalité.

Le rôle des facteurs ambiants est très important au moment de la levée. L'humidité du sol favorise le développement des sporidies. HUNGEFORD a déterminé le degré d'humidité optimum; il a obtenu 100 % d'épis cariés avec un taux d'humidité de 35 %. Il faut donc s'attendre à des degrés différents d'infection dans les divers semis échelonnés si, pour chaque semis, les conditions météorologiques sont différentes. GUYOT a compté, sur du Bon Bermier, 11 % d'épis cariés, en semant le 21 novembre, et 73 %, en semant en décembre. ARNAUD et Mlle GAUDINEAU sont d'avis que les conditions physiques sont importantes; l'infection maxima a lieu à l'automne et au printemps, périodes pendant lesquelles la température moyenne du sol à 5^{cm} est de 10°.

En Tunisie, les germinations ont lieu, dans des conditions de température, telles que la levée s'effectue en une dizaine de jours, laps de temps bien suffisant pour la formation des sporidies; nous n'avons jamais observé de grandes différences dans les taux d'infection des semis, échelonnés jusqu'à fin décembre, date extrême des cultures possibles.

La nature du sol a aussi une grande importance; les sols riches en humus sont très favorables à la contamination. La Carie se développe moins fréquemment dans les Blés semés dans un sol siliceux (RAPIN).

La contamination du sol est toujours grave, car il est alors difficile préserver le Blé par une méthode simple, avec les substances actuellement autorisées. Une notable portion de spores est entraînée par le vent sur le sol. Autour des batteuses on a compté jusqu'à 500 spores par centimètre cube.

La contamination superficielle du sol est suffisante pour provoquer un développement abondant de Carie (RAPIN).

La contamination du sol tend à devenir plus profonde sous l'influence des opérations culturales, surtout celle de recroisements. En Tunisie, les terrains qui renferment une proportion suffisante pour transmettre la maladie au Blé sont rares.

Aux Etats-Unis, certaines régions, dont le sol était devenu un réser-

voir de germes, ont dû être abandonnés à la jachère pendant plusieurs années. Il s'agit là évidemment d'un cas des plus graves, puisqu'on a constaté, malgré toutes les précautions prises, jusqu'à 80 % de grains cariés (HUNGERFORD).

Les Blés rouillés sont beaucoup plus sensibles à la Carie que les Blés témoins (DILLON-WESTON), fait qui a été confirmé par nous, et plus récemment par VIENNOT-BOURGIN. Quoique la plante soit transformée en une véritable culture mycélienne, elle achève sa végétation.

Pour évaluer les dégâts, nous avons tenu compte du taux d'épis cariés. Cette approximation est suffisante. La proportion d'épis cariés des Blés tendres est très voisine à celle des épis infectés. On peut donc, par ce moyen, apprécier rapidement la diminution minima du rendement.

Les grains souillés sont-ils toxiques ? Les farines provenant de grains légèrement cariés ne présentent aucun danger parce que les lavages pratiqués dans les meuneries éliminent les poussières, les spores de Rouilles et d'Ustilaginées. Les grains et la paille cariés auraient déterminé, chez des animaux domestiques (Volailles, Moutons, Bœufs) des empoisonnements. Cette question est encore discutée. Il est prudent de ne pas utiliser les feuilles et les inflorescences des céréales cariées ou charbonnées pour l'alimentation des animaux de ferme.

Le lavage des grains à l'eau n'est d'aucune garantie pour prévenir la Carie; le nombre de spores qui restent sur la brosse étant plus que suffisant pour provoquer l'infection. *Le traitement des semences par les antiseptiques est une précaution obligatoire qui ne saurait être remplacée actuellement par aucune autre mesure préventive.*

b) LES CHARBONS

Les Charbons se distinguent des Caries par la ténuité de leurs spores, lesquelles sont 60 fois moins volumineuses environ que celles de *Tilletia*. Nous examinerons le cas du Charbon du Blé, *Ustilago Tritici*, et nous mentionnerons très brièvement les Charbons externes de l'Orge et de l'Avoine, dont le traitement est analogue à celui du Blé, étant effectué à la même époque, avec les mêmes machines.

Ustilago Tritici. — Le Charbon est un parasite interne, strict du Blé. Le mycélium préexiste dans l'embryon, entre la radicelle et la tigelle, par suite d'une contamination au moment de l'épiaison. Le mycélium attein l'ovaire puis l'embryon du grain; il en résulte une maladie typiquement héréditaire. Les grains contaminés donnent naissance à une plante hébergeant le champignon; les épis sont

transformés en une masse pulvérulente, constituée par les fructifications. Le Charbon attaque aussi les feuilles comme l'*Urocystis*. GARBOWSKI a observé *U. Tritici* sur les gaines foliaires. Les grains peuvent n'être que partiellement détruits; ils gardent alors leur dureté, et ce n'est qu'en les écrasant qu'on se rend compte de l'existence de concrétions noirâtres.

La présence du parasite détermine des perturbations physiologiques se révélant par l'exagération des échanges photosynthétiques.

Dans les plantes hébergeant à la fois le Charbon et la Carie, ces espèces se développent généralement dans des épis différents; autrement, le Charbon se localise dans les glumes, et la Carie, dans le grain (MUNERATI).

Certaines variétés de Blé (*Baroota*, *Mahon*, *Florence-Aurore*) sont très sensibles, soit que les barbes favorisent la fixation des spores, soit que l'épiage se produise en même temps que celui des variétés atteintes dans d'autres régions. Il y aurait à examiner les relations existant entre la vitesse de la germination des grains et la proportion d'épis charbonnés.

Le seul remède connu est le changement de semences. Le traitement à l'eau chaude de JENSEN est délicat; il n'est guère applicable que dans la petite culture.

Les Charbons de l'Orge et de l'Avoine. — Le Charbon interne de l'Orge, *Ustilago nuda*, se transmet de la même façon que le Charbon du Blé. Les Charbons externes de l'Orge et de l'Avoine (*Ustilago Hordei* qui attaque aussi bien *Hordeum hexastichum* que *H. distichum*, *U. Avenae*, *U. levis*) contaminent la plante comme la Carie. Le remède préventif le meilleur est de désinfecter les grains avant de les semer.

B. PARASITES SECONDAIRES

Nous suivrons l'ordre basé sur la localisation du parasite.

1. MALADIES DES SEMIS

La pourriture des grains se déclare lorsque les semailles sont exécutées dans la couche superficielle sèche, située au-dessus d'une couche de terre humide, les germinations étant retardées par insuffisance pluviométrique. La plupart des grains pourrissent et sont infectés par des champignons banaux : *Mucor*, *Penicillium*, *Aspergillus* *Cladosporium*, etc., qui vivent aux dépens de la cellulose. Il est alors indispensable, s'il n'est pas trop tard, de recommencer les semailles.

2. PARASITES DES RACINES

Les maladies des racines sont causées par des *Chytridiacées* et des *Pythiacées*. Elles surviennent, d'une manière particulièrement visible, lorsque le sol est resté longtemps très humide et que le froid persistant a retardé la végétation. La présence de ces parasites de faiblesse se reconnaît à la chlorose des feuilles, qui restent jaunâtres. D'ordinaire, la maladie, peu grave, reste localisée dans des taches, des zones de végétation chétive. Ses dégâts sont rarement généralisés.

Dans les tissus des racines on observe, à l'aide du microscope, parfois des gamètes de *Pythium* (Pl. IV, fig. 11) de contour elliptique ($12 \times 8\ \mu$), des *Chytridiacées*, dont on aperçoit, dans les poils absorbants, les sporanges en forme de sacs; des spores globuleuses lisses ($4\ \mu$ de diamètre) correspondant à *Ligniera radicalis* (Pl. IV, fig. 6-8). On rencontre aussi des formes de résistance ou kystes d'environ $10\ \mu$ (fig. 10) appartenant à *Asterocystis radicis*. La pénétration de ces Phycomycètes est exceptionnellement fréquente, lorsqu'il se forme des tumeurs (fig. 5 et 12) aux endroits où les racines se ramifient [(1)]. Les sporanges sont souvent si nombreux que la moitié des poils absorbants peuvent être détruits.

Asterocystis radicis parasite aussi d'autres céréales, les Ravenelles, le Chiendent, le Lin, des Graminées spontanées, des Chénopodiacées, c'est-à-dire des plantes très diverses.

L'attaque des plantes par les *Pythium* est facilitée, d'après DE PAOLIS, par la sécrétion de toxines que l'on peut isoler des extraits solubles et qui retardent la germination. Ces toxines sont constituées d'un composé thermostable et d'un composé thermolabile.

3. PARASITES DU COLLET

Quelques espèces compromettent le tallage normal en provoquant un Piétin peu important, une brunissure légère du collet et des gaines. Les espèces le plus souvent rencontrées appartiennent à *Marssonia secalis*, identifiable grâce à son mycélium hyalin et à ses conidies bicellulaires recourbées (Pl. III, fig. 5), à *Ascochyta graminicola* dont les spores sont septées, et les picnides, enfoncés dans les tissus (Pl. III,

---

(1) Ces tumeurs, caractérisées par l'hypertrophie et l'hyperplasie des éléments cellulaires, peuvent être causées uniquement par la pénétration, comme des expériences de contamination le démontrent, de larves d'*Heterodera*, Anguillules polyphages. La tumeur est entourée de fines particules terreuses agglomérées par une matière mucilagineuse. La présence d'Anguillules se constate au cours des années particulièrement humides, surtout dans les cultures de céréales, semées tardivement (voir aussi les travaux de PAGLIANO).

fig. 6, 7), à une forme d'*Helminthosporium sativum* (Pl. IV, fig. 1), à une espèce d'*Alternaria* et à un *Cladosporium* (fig. 3 et 4). La plupart de ces parasites de faiblesse vivent en association.

4. PARASITES DES TIGES, DES FEUILLES, DES EPIS ET DES GRAINES

L'*Helminthosporium sativum* occasionne des lésions profondes, brun chocolat, dans les feuilles de certains hybrides de Blé, les *Haplodurum* (Blés durs dont le nombre de chromosomes est haploïde).

Les taches d'*Oïdium* des feuilles sont facilement reconnaissables par la présence d'un duvet blanc, superficiel, recouvrant la couche épidermique. Les conidies d'*Oïdium* (*Erysiphe graminis*), assemblées en chapelet (Pl. III, fig. 9), se disséminent rapidement. L'*Oïdium* n'entraîne qu'exceptionnellement une diminution du rendement. Il ne prend de l'extension que si les pluies printanières et la végétation très dense sont continues (F. Bœuf). Il arrive alors qu'il y a simultanément verse et *Oïdium*.

La présence de *Septoria Tritici* se reconnaît aux taches noires, ponctuées (pycnides), se détachant bien du fond brun clair des portions desséchées de la feuille. Chaque pycnide laisse échapper de nombreuses conidies pluricellulaires, effilées (Pl. III, fig. 8). Cette altération des tissus est assez bien supportée par l'hôte, excepté si elle se généralise dans les glumes par exemple, où le *Septoria*, très abondamment répandu, vit associé à des *Pseudomonas*, Bactéries causant une brunissure des glumes ressemblant, par les symptômes extérieurs, au Black chaff (maladie des glumes noires), provoquée par un parasite différent. Ce brunissement des glumes, très accusé chez certaines variétés comme le *Florence* et les *Pusa-Florence*, se constate particulièrement à la suite du gel. *S. Tritici attaque*, ainsi que *S. nodorum*, toutes les espèces de Blé et certaines Graminées spontanées.

Cladosporium herbarum apparaît tardivement sur les grains de Blé tendre, au cours du mois de mai, sous l'influence de l'humidité et d'une forte pluviométrie. Les filaments se ramifient en profondeur dans la région embryonnaire, la brosse et certains téguments. Il cause, avec l'*Helminthosporium sativum* et divers *Alternaria*, le *mouchetage des grains;* la faculté germinative est légèrement abaissée, sans que la productivité soit diminuée.

Le *Sclerospora macrospora* cause le Mildiou du Blé dont les feuilles parasitées sont déformées, enroulées, tout en restant très longtemps vertes. Les épis ne pouvant sortir des gaines ont un rachis ondulé

par suite de la croissance de la tige. Lorsque les épis parviennent à se dégager, les barbes s'étalent latéralement. Après la dessiccation des glumes, l'épi est méconnaissable.

La frisure des épis, l'enroulement des feuilles et la virescence caractérisent la présence du *Sclerospora macrospora.*

En arrachant des fragments de tissus malades et en les examinant au microscope, il est facile de distinguer, sans coloration, des corpuscules de grandes dimensions, les œufs, d'environ 60 μ de diamètre. Il n'a pas été possible d'apercevoir des conidies. Les œufs à parois épaisses (4-5 μ) permettent de rattacher ce parasite à l'espèce *macroscopora;* leurs caractères morphologiques correspondent à la description d'ARNAUD (Annales des Epiphyties, 1917).

Les Blés envahis sont peu productifs, d'autant plus que la Rouille noire des tiges accompagne souvent le Mildiou, parasite polyphage, qui s'attaque aux céréales, à certaines Graminées spontanées.

II. — MOYENS DE PRÉSERVATION

Parmi les méthodes de destruction des parasites ou méthodes phytopathologiques nous citerons : l'élimination mécanique des spores, l'action des radiations, les moyens biologiques (utilisations de parasites), la chimiothérapie qui prend actuellement une importance marquée.

Tantôt c'est la méthode d'amélioration qui donne les meilleurs résultats, tantôt c'est la méthode phytopathologique; il n'existe pas de variétés résistant à tous les parasites, et il convient d'associer les deux méthodes.

A. PARASITES IMPORTANTS

1. PARASITES DU COLLET ET DU PIED

LES PIETINS

a) **Les Piétins.** — Ils se développent, comme nous l'avons précisé précédemment, à la suite de circonstances déprimant la végétation; une forte humidité et la déficience d'éléments nutritifs. Ceci est assez net pour *Ophiobolus graminis* déterminant le Piétin-échaudage.

Procédés à employer : la sélection, l'apport d'engrais, l'épandage d'antiseptiques à la surface du sol et la pratique de certaines opérations culturales.

La sélection a été conduite d'après les observations directes (sans contamination expérimentale). Parmi les Blés durs, les variétés *Bis-*

kri, *Sbéi* et *Hamira* sont résistantes. Chez les Blés tendres, le *Mahon* a une résistance plus accentuée que le *Florence* et l'*Irakié*. Les variétés gravement atteintes en 1934 sont : *Mahmoudi*, *Baroota*, des *Florence* × *Aurore* et des hybrides de *Mentana*. Ce Piétin était surtout répandu dans le bassin de la Medjerdah.

Il y aurait à envisager l'apport des superphosphates qui relèvent l'acidité du sol : une réaction du sol nettement acide entrave la croissance du Piétin (GUYOT). Les engrais azotés qui intensifient la croissance sont aussi à essayer, surtout le sulfate d'ammoniaque, engrais acidifiant. On a constaté que les engrais potassiques tendent, dans certains cas, à diminuer l'épiphytie. La fumure massive avec du fumier de ferme n'est pas à conseiller, car c'est un facteur favorisant le développement du champignon.

Au sujet de l'épandage d'antiseptiques on a pensé, étant donné la sensibilité du Piétin à l'acidité du milieu, à pulvériser des substances acides, en particulier l'acide sulfurique, en raison de son bas prix. CARRÉ aurait montré que les pulvérisations d'acide concentré (un mètre cube à 20 % par hectare) sur le collet sont d'un effet certain (la plante ayant moins de 40 cm. de hauteur). CARRÉ explique l'action bienfaisante de cette pulvérisation par la destruction des gaines et des feuilles envahies par le champignon. Pour que le traitement soit efficace, il doit être effectué *préventivement*, tout au début de l'invasion. GUYOT et Mlle GAUDINEAU ont employé une concentration de 15 %, suffisante pour déterminer la régression du Piétin-échaudage (*Ophiobolus*). L'acide sulfurique est un décalcifiant énergique, et malgré que le bénéfice de son emploi s'accroît par ailleurs de la destruction des mauvaises herbes, particulièrement des Ravenelles, nous ne croyons pas que cette méthode, assez coûteuse, soit à employer couramment chaque année, si l'on envisage uniquement la destruction des Piétins. Différents composés seraient à employer, notamment les substances colorantes, dont certaines sont toxiques à la concentration de 1/10.000 sur d'autres espèces que le Piétin. Le paraformaldéhyde et le formol, de réaction acide (présence d'acide formique), sont à essayer pour la désinfection partielle d'une zone de terre peu profonde. Le traitement des semences au sulfate neutre d'oxyquinoléine est inefficace.

La biologie du parasite indique les façons culturales enrayant, d'une manière limitée, le développement du Piétin. Les formes de résistance n'étant mûres que l'été, il est certain que le *brûlage des chaumes après la récolte et les recroisements sont utiles, surtout si ces précautions sont complétées par un assolement faisant alterner la culture des céréales soit avec une jachère, soit avec une autre culture* (*Betterave*, *Légumineuses*, *fourrages*), à la condition que le sol ne soit

pas infesté par des Anguillules (*Heterodera*), sinon la jachère est de rigueur.

Le *drainage* des sols est considéré comme une mesure préventive très importante.

Contre le *Piétin-verse* causé par *Cercosporella herpotrichoides*, les conditions de lutte sont plus favorables. SRAGUE et FRON auraient remarqué que la contamination conidienne la plus importante a lieu au moment de la germination.

Se basant sur l'époque de l'envahissement des semis, FRON a proposé la désinfection des semences avec le sulfate d'ortho-oxyquinoléine.

b) **Fusariose.** — La sélection permettant le choix de variétés résistante est très difficile, en raison de la rareté des essais d'infection expérimentale qui ont été positifs. Les formes de résistance (ascospores), comme celles des agents du Piétin, sont très tardives; *les méthodes culturales conseillées pour le Piétin sont évidemment applicables à la Fusariose : brûlage des chaumes, recroisements, etc.*

2. MALADIES DES TIGES, DES FEUILLES ET DES EPIS. LES ROUILLES

Nous rappelons que les Rouilles se propagent par des germes transportés dans l'air et se développant à certaines périodes de la végétation.

Nous envisagerons les trois principaux procédés d'amélioration et de préservation : la sélection, l'influence des méthodes culturales, celle des engrais, la chimiothérapie (désinfection des semences, stérilisation partielle du sol, traitement des feuilles, tiges et épis, etc.).

La sélection est encore la principale méthode pour obtenir des variétés de grande résistivité; les résultats remarquables obtenus au Service Botanique et Agronomique l'ont prouvé. La sélection empirique et l'hybridation ne sont évidemment appliquées que vis-à-vis d'un nombre limité d'espèces et de formes biologiques de Rouilles, durant un nombre d'années n'excédant pas 5 ou 6 ans, car d'autres facteurs aussi importants que la résistance influent sur le choix des variétés (valeur industrielle, précocité, etc.). Cette limitation des recherches dans le temps et l'espace est nécessaire parce qu'une dizaine d'années est indispensable pour la production de quelques centaines de quintaux de semences pédigrées, dans le cas le plus simple, ne comportant aucune complication.

Les nombreuses formes biologiques des Rouilles peuvent s'hybrider comme les végétaux phanérogames (l'hybridation expérimentale a été réalisée), on conçoit que, malgré le choix qui préside à l'adoption des meilleures variétés, on constate encore des invasions dangereuses. Aucune variété de Blé, dur ou tendre, n'est parfaitement résistante aux Rouilles, d'une manière constante. La transmission de la résistivité dépend de plusieurs facteurs; la résistivité se comporte tantôt comme un caractère dominant, tantôt comme un caractère récessif.

Orazio a tenté d'établir un rapport entre l'acidité du suc et la résistivité; cette question n'est pas encore tranchée.

La résistance mécanique de la couche corticale des tissus, le rôle de son épaisseur fournissent des éléments de comparaisons théoriques. Ces recherches sont à poursuivre.

La résistivité des variétés ne serait pas en relation avec la richesse en sucres, réducteurs ou non.

L'étude des formes de Blé résistant véritablement à toutes les Rouilles est un problème théorique de longue haleine, nécessitant une expérimentation de grande importance.

En choisissant des variétés plus précoces d'environ 15 à 20 jours, peut-être éviterait-on la Rouille noire, *P. graminis*.

Les labours, la pratique de la jachère détruisent un grand nombre de spores, de plantes refuges et de repousses. Ce moyen est d'une efficacité limitée.

L'apport de substances fertilisantes (engrais potassiques, phosphatés, engrais minéraux complets) paraissent réduire l'importance de l'attaque.

La désinfection des semences aux sels cupriques est sans intérêt à ce point de vue. La stérilisation partielle du sol n'empêche pas la Rouille de se développer, quelle que soit la dose d'antiseptique mélangée à la terre ou répandue à sa surface.

La contamination du Blé est continue, mais c'est au printemps, vers le début d'avril, que les germes sont véhiculés par grande quantité. Il est donc logique de supposer que l'on pourrait entraver la transmission des Rouilles, par exemple, en empêchant la germination des spores sur les feuilles, tiges et épis; cette maladie, d'origine externe, ressemble, par son évolution sur le Blé et par les circonstances favorisant son extension, au Mildiou et à l'Oïdium de la Vigne. On peut donc imaginer, par voie de déduction, un traitement analogue pour prévenir les Rouilles.

Divers composés, en particulier certains acides dérivés du soufre, paraissent avoir une toxicité appréciable. La constatation des propriétés fongicides du soufre répandu sur les céréales a été faite notamment aux Etats-Unis, au Canada, en Italie, en Tunisie, etc.

Au contact des tissus, les vapeurs de soufre se transforment en gaz sulfhydrique déterminant l'inhibition des urédospores, devenues inaptes à germer. Mais comment concilier cette hypothèse avec le manque d'efficacité des sulfures alcalino-terreux qui se décomposent partiellement, en libérant de l'acide sulfhydrique ?

Il a été reconnu que la toxicité du soufre est en rapport direct avec la finesse des particules. Sibilia a vérifié que les urédospores de *P. glumarum*, placées au contact du soufre ventilé ou du soufre sublimé, à la lumière diffuse ou à l'obscurité, ne germent pas. Rabaté aurait discerné un moins grand développement de la Rouille dans les parcelles traitées à l'acide sulfurique dilué. Nous avons réussi à déterminer les circonstances dans lesquelles les applications sont d'un effet maximum.

Les soufrages ou les poudrages d'autres substances doivent être séparés les uns des autres par un laps de temps peu différent de la période d'incubation; le premier traitement est effectué, à titre préventif, avant l'apparition de la Rouille. Nous interprétons les résultats positifs en admettant l'influence de deux facteurs principaux : un effet écran résultant de l'isolement de la plante par la poudre retenue à sa surface; un effet toxique peu intense pour *T. Triticina* et *P. graminis*, mais net pour *P. glumarum*.

Dans les essais des cultures en lignes, nous avons comparé les récoltes d'un Blé tendre hypersensible (*Bump*) : 10 lots de lignes de 10 m. servent de témoins; 10 lots ont reçu une seule application de soufre précipité à raison de 100 kg. par hectare; 10 lots ont reçu une seule application de 100 kg. de calcaire contenant 1 % de paraformaldéhyde. La Rouille s'était déjà déclarée au moment de l'application unique; cette circonstance défavorable fut choisie à dessein. Nous avons constaté une récolte moyenne supérieure de 10 % à celle des témoins dans les lots traités au soufre ou à la paraformaldéhyde. Il est difficile de conclure, car rien n'est plus malaisé que d'apprécier les différences de rendement sur de petites surfaces. L'enseignement qui découle de ces faits est que les recherches doivent être basées sur le comportement de substances réductrices. On peut envisager comme possible la découverte d'une méthode de traitement pratique; il existe un remède préventif efficace contre la Rouille des arbres (pulvérisation de bouillie bordelaise à 2 %).

Ces essais seront recommencés à plus grande échelle et nous serons alors fixé sur la valeur pratique de ces produits.

Les spores de la Rouille sont peu sensibles aux sels de cuivre insolubles. Les concentrations élevées, qu'il est nécessaire d'atteindre avec les solutions cupriques, pour empêcher la germination des

germes externes, ne permettent pas d'utiliser les solutions à cause des brûlures qu'elles provoquent.

D'après F. Greaney, le soufre précipité serait efficace contre *Bacterium translucens* causant le noircissement des glumes ou « Black chaff ». Ces applications de soufre compléteraient le traitement des semences selon la méthode de Braunn (immersion préalable) qui consiste à traiter les semences dix minutes dans l'eau, à les couvrir six heures, à les immerger dans une solution de sulfate de cuivre à 1 % ou de formol à 0,3 %, puis à les couvrir de nouveau une demi-journée; on sème sans sécher.

3. PARASITES ATTAQUANT LA PLANTE ENTIERE
LES MALADIES CHARBONNEUSES

Les Caries et les Charbons externes se transmettent par la semence et se développent à l'intérieur de la plante.

a) LES CARIES

Urocystis Tritici. — Cette espèce n'apparaît qu'exceptionnellement; les précautions prophylactiques concernant les Caries du genre *Tilletia* sont souvent applicables. Il est très facile de débarrasser les récoltes de l'*Urocystis* si la maladie se déclare uniquement à la suite de la souillure du grain. Les spores de l'*Urocystis* sont très sensibles à certaines substances citées à propos de la Carie (sels de cuivre, de mercure et mélanges, etc.). Les spores se conservent, comme celles des Caries, très longtemps vivantes dans le sol (une douzaine d'années). La localisation des spores sur les chaumes et les feuilles rend la lutte très difficile, car la maladie se transmet le plus souvent par le sol. Les précautions à prendre dépendent des circonstances de l'infection.

Le brûlage des chaumes restant après la récolte est indispensable. Une jachère ou l'alternance des cultures est de rigueur si le sol est fortement contaminé. Les semences doivent être traitées chaque année aux antiseptiques.

Tilletia levis et **T. Tritici.** — Cette dernière espèce se comporte comme *T. levis*, mais avec une moindre proportion d'épis cariés. Il sera question, à titre d'exemple, de *T. levis*.

Sélection et hybridation. — La sélection, base première des méthodes génétiques, n'a donné dans son ensemble que des résultats peu importants. Les variétés les plus résistantes de Blé tendre, telles que *Hussar* et *Martin*, Blés d'origine américaine, ont, certaines années, jusqu'à 4-5 % d'épis cariés. Les variétés, dites résistantes, sont tardi-

ves, très sensibles à la Rouille noire, à l'échaudage; leur rendement insignifiant ne permet même pas toujours d'obtenir la semence. Par exemple, une ligne de 10 mètres de *Heils Dickopf* n'a fourni que 20 grains de mauvaise qualité. L'hybridation devient indispensable *a priori*. DARNELL-SMITH a formulé, pour l'Australie, des conclusions analogues : les variétés résistantes n'ont qu'un intérêt économique restreint.

Les variétés, retenues comme résistantes en Tunisie, ont été éprouvées au moyen d'un nombre restreint de souches, spécialement avec une souche locale extrêmement virulente.

Cette réserve faite, on trouve parmi les Blés durs une variété locale, adaptée au climat et douée d'une résistivité très intéressante, le *Jenah Rhetifah, dont les grains peuvent être semés sans traitement*. Il est probable que le *Mekki* a la même propriété.

Voici quelques résultats de résistance d'un certain nombre de formes de Blés durs et de Blés tendres :

1. Blés totalement résistants : néant.

2. Blés ayant en moyenne 2 % d'épis cariés à la suite d'une contamination artificielle de 5 gr. de spores par kilo de semences : *Martin*, *Hussar*, *Ridit*, *Ruby* (?), *Jenah Rhetifah*.

3. Blés ayant une résistivité moyenne (en général 2-6 % d'épis cariés) : *Florence* (tendre), *Sbei* (dur).

4. Blés produisant plus de 6 % d'épis cariés : *Mindum*, *Mealy*, *Trumbull*, *Fulz*, *Fulcaster*, *Kanred*, *Harwest Queen*, *Bunyp*, certaines variétés sélectionnées en Crimée et au Kansas, ainsi qu'une importante quantité d'autres formes.

Les circonstances d'infection paraissent constantes : les semis décalés et les semis normaux sont identiques pour la proportion d'épis attaqués.

Nous admettons provisoirement que la résistance est suffisamment prouvée si la récolte est indemne sans que les grains aient été traités aux anticryptogamiques : ce sont les Blés de la 2e catégorie seulement qui remplissent cette condition. Voici quelques chiffres se rapportant à des variétés qui furent semées sans traitement ni contamination artificielle :

Jenah Rhetifah a eu 0 épi carié dans 3.000 épis (1).
Sbei a eu 1 épi carié dans 3.000 épis.
Florence a eu 1 épi carié dans 3.000 épis.
Richelle a eu 24 épis cariés dans 3.000 épis.

---

(1) Le même résultat a été constaté l'année suivante sur 6.000 épis.

Tous les autres Blés cultivés en Tunisie, à part le *Biskri* et le *Mekki*, sont sensibles à la Carie. La simplicité du traitement chimique est telle que l'on doit considérer, *dans ce cas*, la sélection et l'hybridation de variétés résistantes comme étant d'intérêt secondaire.

Elimination et destruction du parasite. — La ventilation et le lavage des grains sont inopérants.

L'emploi des radiations est actuellement sans portée pratique. L'utilisation de la chaleur sèche est aussi délicate que celle de l'eau chaude (traitement JENSEN); le grain est tué avant 70° par l'eau qu'il contient. La radiation solaire élève insuffisamment la température. Les ultra-violets ne sont d'aucun secours (inefficacité totale). Les rayons X (travail réalisé en collaboration avec M. le Dr JEAUBERT DE BEAUJEU), beaucoup plus pénétrants, sont inactifs sur la spore à l'état de repos comme sur le grain sec, quelles que soient la durée et l'intensité de la radiation.

Les moyens biologiques ont été employés surtout en Amérique : on est arrivé à réduire le volume des tumeurs charbonneuses du Maïs par l'action digestive de Bactéries parasites. Cette méthode, partiellement efficace *in vitro*, n'est pas susceptible d'adoption. L'immunité expérimentale, appliquée avec succès par Mlle ZOJA, pour prévenir l'*Helminthosporium sativum*, par immersion des grains germant dans un extrait aqueux de la culture, ne prouve pas que l'immunité acquise soit héréditaire. Par contre, ce procédé d'immunisation paraît utile dans les cas de multiplication végétative (bouturage).

Chimiothérapie. — Le traitement chimique des semences restera longtemps la seule méthode agricole, en raison de sa simplicité et de son bon marché. Un grand nombre de composés ont fait l'objet de recherches systématiques dans le double but de déterminer les produits les plus efficaces, et d'en dégager les applications. Les détails sont exposés dans la Note « Remarques sur la toxicité des anticryptogamiques pour les parasites du Blé », insérée à la fin de ce chapitre.

Le traitement des semences de Blé contre la Carie étant effectué de la même manière que celui des Charbons de l'Orge et de l'Avoine (*Ustilago Hordei*, *U. Avenae*), nous croyons bon d'ajouter quelques résultats. Dans le tableau III, les chiffres des colonnes indiquent les pourcentages d'épis cariés et charbonnés. Le degré de contamination des semences est uniformément de 1 gr. de spores par kilo pour l'Orge et l'Avoine (H1, *U. Hordei* et A1, *U. Avenae*). L'état des semences de Blé traitées est désigné par C^1 et C^2, selon qu'il s'agit d'une contamination pondérable de 0,1 % et de 0,5 %. La dose de poudre est de 250 gr. par quintal pour le Blé, et de 350 gr. pour l'Orge et l'Avoine.

Les poudres doivent être dans un état de division aussi accentué que possible; par exemple l'acétate de Cu, finement moulu, est environ 50 % plus efficace que l'acétate grossièrement pulvérisé.

Il est préférable de colorer les produits cupriques en incorporant 1/1.000 de vert de méthyle ou de bleu de méthylène; les propriétés recherchées, efficacité et conservation de la faculté germinative, restent inchangées.

Un désinfectant idéal doit, autant que possible, avoir les propriétés suivantes :

1° Etre sous une forme très divisée.

2° Avoir une composition homogène.

3° Permettre la distinction des grains traités.

4° Etre peu toxique pour l'Homme.

5° Répandre le moins de poussière possible, au moment du poudrage, lorsque le mélangeur n'est pas à travail continu. Ce but est atteint en ajoutant, s'il y a lieu, des substances hygroscopiques.

6° Conserver la faculté germinative des semences au moins six mois.

7° Etre efficace aussi bien dans le cas de la simple contamination du grain que dans celui de la double contamination (grain et sol), la plantule étant parfois attaquée au niveau des racines.

8° Etre d'application générale pour toutes les céréales.

9° Etre toxique pour les Insectes parasites des grains.

Les produits commerciaux, dont la vente est actuellement autorisée, possèdent, à divers degrés, les propriétés citées en 3°, 6° et 8°; si les semences sont peu souillées, les caractéristiques 3°, 6° et 8° sont suffisamment prononcées. Mais il est difficile d'atteindre les objectifs cités en 7° et 9° par suite de l'interdiction des arsenicaux et des sels mercuriels et plombiques.

A part le carbonate de cuivre et la poudre à base de carbonate, toutes les autres poudres sont d'une efficacité marquée pour la Carie. Cette constatation est en accord, notamment avec celle de MACKIE et BRIGGS, d'après qui, le carbonate de Cu n'enraye la Carie que si la quantité de spores retenues par le grain est peu importante. Le carbonate de Cu pur convient donc pour les grains peu souillés, non mouchetés. Le carbonate de Cu n'altère pas la faculté germinative après un an; son mélange avec des semences ne dispense pas de sulfurer pour éviter les dégâts des Insectes parasites.

TABLEAU III

Efficacité de quelques sels de cuivre sur les Caries et les Charbons

TRAITEMENTS	1931				1932				1933			
	C 1	C 2	H 1	A 1	C 1	C 2	H 1	A 1	C 1	C 2	H 1	A 1
Chlorure cuivreux	»	0,4	»	»	»	»	»	»	0	0	0	0
Talc avec 10 % de chlorure cuivrique	»	»	»	1,5	0,2	0,2	3,7	7,5	1,4	1,3	4,8	0,7
Talc avec 15 % de bichlorure de Cu	2,2	»	»	»	0,8	»	4	3	0,6	0,7	4	0,3
Talc avec 25 % de bichlorure de Cu	2	»	»	»	0	1,8	»	»	0,4	0,4	1	0,3
Poudre à base de bichlorure de Cu	0	»	»	»	0,8	0,6	»	»	0,2	4,5	4	0,1
Oxychlorure de Cu, *A*	»	»	»	»	»	»	»	»	0,4	0,45	0,1	0
Oxychlorure de Cu, *P*	0,2	8	»	»	0	5,2	0	»	0	3,1	0	0
Talc et 50 % d'oxychlorure Cu, *A*	»	»	»	»	»	»	»	»	0,6	16	0,1	0
Talc et 40 % d'oxychlorure, *A*	»	»	»	»	»	»	»	»	0,5	2,7	1,1	0

A	»	»	»	»	»	»	»	»	0,4	»	1,1	0
Talc et 25 % d'oxychlorure, A	»	»	»	»	»	»	»	»	0,6	»	1,1	0
Poudre à base d'oxychlorure, *C*	»	»	»	»	0,9	8,7	»	»	1,8	10,4	0,8	0,1
Sulfate de Cu anhydre.......	»	2,4	»	»	»	»	»	»	»	»	0	0,1
Talc avec 50 % de sulfate de Cu anhydre	»	»	»	»	»	»	»	»	2,4	6,8	2.7	0,3
Talc avec 35 % de sulfate anhydre	»	»	»	»	»	»	»	»	0,4	5,6	3,7	0,2
Acétate neutre Cu...........	»	5	»	»	1,2	5,6	0,2	0,3	2,2	14	0,2	0,1
Poudre à base d'acétate neutre de Cu.................	»	5	»	»	»	»	»	»	1,6	15	1,2	0,2
Carbonate de Cu............	»	»	»	»	0,8	14.4	0,7	0,3	2,5	18,3	0,5	0
Poudre à base de carbonate Cu..	»	»	»	»	2,7	30,7	»	»	6,2	36,8	1,2	0,1
Talc avec 5 % de paraformaldéhyde	»	»	»	»	X (1)	X	0	0	X	X	0	0
Témoins	43,3	81,6	»	11	64,2	90,2	13,8	19,4	44,5	81,5	9	1

(1) X : forte proportion d'épis cariés supérieure à 50 %.

L'oxychlorure A, analogue, dans ces essais, aux oxychlorures B et C, serait d'une efficacité, telle que les mélanges contenant 40 % de ce composé sont d'un emploi général assez satisfaisant, aussi bien pour les Caries que pour les Charbons. Ce résultat est à rapprocher de celui qui a été obtenu par ARNAUD et M[lle] GAUDINEAU en ce qui concerne la Carie.

L'acétate de Cu se dissocie partiellement en libérant de l'acide acétique, ce qui n'est pas sans inconvénient. Au point de vue de l'efficacité, c'est un produit moyen. L'acétate neutre de cuivre présente l'avantage de colorer les semences des céréales avec intensité.

Le chlorure cuivrique, mélangé au talc, s'emploie de préférence au chlorure cuivreux (*le plus efficace de tous les sels*), parce que la transformation du chlorure cuivreux en chlorure cuivrique est irrégulière. On arrive d'ailleurs, avec des concentrations convenables de chlorure cuivrique, à approcher de très près une préservation équivalente à celle que donne le chlorure cuivreux. Le grand avantage du chlorure cuivrique est de réduire la dépense en cuivre au minimum, dépense environ cinq fois moins élevée que celle qui résulte de l'usage des autres sels. La faculté germinative des semences reste intacte très longtemps; au moment de l'enrobage des semences, le dégagement des poussières est insignifiant grâce à l'affinité du chlorure cuivrique pour la vapeur d'eau.

Le sulfate de Cu anhydre, intermédiaire entre les chlorures de Cu et les autres substances au point de vue de l'efficacité, a cependant l'inconvénient de recristalliser.

Nous insistons, une fois de plus, sur la valeur des traitements à sec qui sont uniquement à retenir, même pour le traitement des Charbons de l'Orge et de l'Avoine. Il est maintenant unanimement reconnu que l'immersion peut être évitée par le poudrage des graines avec des sels cupriques quelque temps avant les semailles. Des mélangeurs rotatifs permettent facilement un enrobage régulier des semences.

La valeur anticryptogamique d'un nombre relativement élevé de substances est connue.

En France et dans les Colonies, les préparations contenant du plomb, du mercure, de l'arsenic sont interdites notamment pour le traitement des semences. *Pratiquement, les produits autorisés sont en général des mélanges de sels cupriques avec une substance inerte, suffisamment toxiques pour maintenir un état sanitaire des plantes satisfaisant dans les circonstances les plus fréquentes des bonnes cultures; ils respectent la faculté germinative, mais ils ne protègent pas les plantes de la contamination du sol, ni le grain des Insectes parasites des semences récoltées, ce qui rend la désinfection au sulfure de carbone toujours indispensable pendant l'été.*

Il serait avantageux que la coloration des produits fût obligatoire, ainsi que la garantie sur la conservation de la faculté germinative. Il serait aussi non moins désirable que les poudres de ce genre contiennent des sels hydroscopiques destinés à supprimer le mélange des poussières avec l'air. En l'état actuel, il semble que pour tout anticryptogamique, destiné au commerce, il devrait être porté sur les emballages, caisses, papiers de commerce, prospectus, factures, outre la teneur en cuivre, la nature chimique du substratum, le degré de finesse en maille française (si le principe actif est peu soluble ou insoluble dans l'eau), la liste des parasites contre lesquels le produit est efficace, le mode d'emploi, ainsi que des indications sur la manière de le conserver.

b) LES CHARBONS

Ustilago Tritici. — La sélection de variétés résistantes est difficile à poursuivre parce que les épis charbonnés ne se rencontrent qu'en petit nombre et que l'infection passe souvent inaperçue pendant une ou deux générations. L'immunisation artificielle n'a pas été obtenue en isolant des plantes issues de l'épi ou de grains partiellement charbonnés. Cependant, certaines variétés sont plus sensibles au Charbon que d'autres : *Mahon*, *Baroota*, *Florence-Aurore*. Il est évident qu'il est nécessaire d'éliminer les variétés qui sont susceptibles au Charbon quand elles peuvent être remplacées par des variétés de même valeur industrielle. L'élimination des épis charbonnés dans les cultures de variétés pédigrées est une mesure des plus utiles.

Le traitement de JENSEN à l'eau chaude (immersion des grains dans de l'eau à 50°, pendant 10-15 minutes) n'est possible que sur de petites quantités[1]. *Le mieux est de changer de semences dès que la maladie prend une légère extension.* Le Charbon nu de l'Orge (*U. nuda*) est évité dans les mêmes conditions que le Charbon du Blé.

Ustilago Hordei et **U. Avenae.** — Ces espèces présentent entre elles de grandes ressemblances quant à leurs réactions vis-à-vis des antiseptiques.

Au moyen de la sélection, F. BŒUF a isolé des variétés d'Orge hexastique et d'Avoine résistant suffisamment à la contamination du sol qui est beaucoup moins à redouter que chez le Blé. Mais la conta-

---

(1) Une immersion des grains de Mahon dans de l'eau à 53°,5, pendant 5 minutes réduit de 4/5 la proportion d'épis charbonnés par rapport au témoin.

Le traitement efficace, préconisé au Canada, consiste à faire subir aux grains plusieurs trempages successifs : un traitement préliminaire de 4-6 heures dans l'eau à 30°; une immersion de 20 minutes dans l'eau à 45° et un trempage de 10 minutes dans l'eau à 51° (à cause du refroidissement) qui constitue le traitement proprement dit. L'eau chaude, servant à maintenir la température constante, ne doit pas être versée directement sur les grains. Cette méthode qui permet de tuer le mycélium contenu dans l'embryon a l'inconvénient de réduire la faculté germinative de 30 % (maximum); son application est assez délicate, mais indispensable, quand une forte proportion d'épis charbonnés (de l'ordre de 10-15 %) tend à augmenter, d'une année à l'autre.

mination des semences détermine invariablement la pénétration du parasite chez les variétés d'Orge hexastique les plus résistantes. Comme pour les Caries, *les seuls moyens de lutte consistent à désinfecter les semences.*

Pour le Blé, l'emploi du chlorure cuivrique est la solution la plus simple, ainsi qu'aux semences peu souillées des variétés résistantes d'Orge et d'Avoine. Ces conditions sont réalisées dans la plupart des bonnes cultures, mais pour les semences très infectées d'Orge et d'Avoine, afin d'éviter leur immersion dans une solution formolée à 0,3 %, qui est d'ailleurs parfaitement efficace, il serait préférable d'utiliser l'oxychlorure de cuivre pur ou l'acétate neutre. Le carbonate de cuivre et l'acétate neutre, moins efficaces pour prévenir la Carie que les poudres contenant du chlorure cuivrique (au moins 15 %), *sont au contraire utilisables pour enrayer le Charbon externe de l'Orge et celui de l'Avoine.*

En résumé, il suffit donc, pour éviter la complication d'un traitement spécial à chaque céréale, d'utiliser une seule poudre cuprique, à condition que les grains soient très peu souillés par les spores de Carie ou de Charbon.

B. PARASITES SECONDAIRES

1. MALADIES DES SEMIS

Les recherches en cours montreront s'il est possible de trouver un remède valable à la fois contre les Ustilaginées, les champignons provoquant la pourriture des semences. Deux composés paraissent présenter un intérêt : un soufre cuprique et le chlorure cuivreux.

2. PARASITES DES RACINES

Nous ne voyons pas *a priori* comment empêcher directement l'attaque des racines par des Phycomycètes appartenant à des groupes différents (Chytridiacées et Pythiacées), dont les formes de résistance se conservent longtemps dans le sol. Deux circonstances rendent aléatoire la lutte contre ces parasites qui pénètrent aussi dans les racines des plantes adventices des cultures, contribuant ainsi à la dissémination et à la propagation de l'affection, d'une année à la suivante, si les conditions météorologiques défavorables (froid et humidité) se renouvellent. Plusieurs méthodes sont à essayer; les recherches ultérieures nous fixeront sur leur valeur respective.

1° L'immunisation artificielle des plantes est à l'état de projet.

L'état de la science permet à ce sujet de grands espoirs, mais la mise au point n'est pas prochaine. La difficulté principale provient de ce qu'on ignore si l'immunisation expérimentale serait héréditairement stable pendant un nombre suffisant de générations.

2° La détermination d'un antiseptique à mélanger au sol ou aux grains, protégeant les racines, est possible, d'après les faits observés récemment; une solution analogue a été trouvée dans la préservation du Blé contre les germes d'Ustilaginées contenues dans le sol. Certaines substances préconisées contre les Anguillules (composés formolés, sulfocarbonate de potasse, chloropicrine) ont été employées avec succès par certains pathologistes.

3° Une mesure dont on escompte les effets heureux serait de relever l'état chlorotique de la végétation avec des engrais solubles K Cl, sulfate d'ammoniaque, à la condition que les racines soient peu endommagées; dans le cas contraire, l'épandage des engrais constituerait une dépense supplémentaire inutile.

4° Le brûlage des chaumes, moyen courant pour éliminer une grande partie des spores durables de différents parasites, n'est pas efficace, dans ce cas, puisque les kystes et les formes de résistance arrivent à maturité avant l'épiage et qu'ils restent enfouis dans le sol.

Le drainage, la jachère et l'alternance des cultures tendent à limiter les dégâts.

3. PARASITES DU COLLET

Il est difficile d'envisager des remèdes contre les parasites secondaires. Les dommages, qui sont en moyenne très peu élevés, à de rares exceptions près, rendent onéreuse l'application d'un traitement curatif.

4. PARASITES DES TIGES, DES FEUILLES, DES EPIS ET DES GRAINES

Si le traitement du Blé avec le soufre est appliqué en grande culture, il est à prévoir que l'*Oïdium* du Blé serait arrêté dans son développement, étant donné la grande sensibilité de l'*Erysiphe* au soufre. Nous pouvons faire la même remarque : un traitement, effectué uniquement pour prévenir *Erysiphe graminis*, n'est économiquement pas possible. Pour une raison identique, il est inopportun d'engager des dépenses pour éviter les attaques des parasites des glumes, tels que les *Septoria*. La méthode Jensen, qui a permis de diminuer

dans de notables proportions l'envahissement des glumes par une association de *Septoria* et de *Pseudomonas*, est une complication sans intérêt dans la grande culture.

De Vilmorin aurait enrayé le mouchetage de l'Orge par la désinfection des semences dans une solution de sels organiques de mercure. Il est probable que le remède est aussi valable pour le Blé.

On ne connaît, contre le Mildiou, causé par *Sclerospora macrospora*, qu'un moyen rapide qui détruit radicalement les germes de conservation, *l'incinération;* on rendra pratiquement impossible une épiphytie ultérieure, d'autant plus que cette maladie est peu répandue.

III. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

La biologie des parasites du Blé est très avancée quant aux modes de pénétration, de conservation et de dissémination; les symptômes, les époques d'apparition sont connus. Ces renseignements biologiques constituent la base des traitements rationnels dont la mise au point et la généralisation sont strictement liées en premier lieu à des considérations économiques. L'effort principal a été consacré aux parasites les plus dangereux (Ustilaginées et Urédinées). Selon l'époque de la germination des spores, le milieu où la plante est attaquée, la diversité des espèces hôtes, les moyens de lutte sont différents.

1° *La contamination est restreinte.* Les parasites sont étroitement spécialisés; ils n'attaquent qu'une espèce de céréale et ils n'attaquent généralement pas de plantes spontanées. La contamination est restreinte aussi dans le temps; elle se produit pendant la germination de la graine.

La sélection des variétés douées d'une grande résistivité a été rarement appliquée; bien que les essais peuvent être poursuivis, il semble qu'il soit peu souhaitable de s'en occuper longuement; l'introduction de nouvelles races biologiques de parasites risque de diminuer l'amélioration obtenue par la sélection qui n'est faite que vis-à-vis d'un nombre restreint de races (une dizaine).

La désinfection à sec des semences contre les charbons externes (Tilletia Tritici, T. levis, Urocystis Tritici, Ustilago Avenae, U. Hordei) est le seul procédé pratique à conseiller. Une telle étude a été entreprise aussi bien dans un but d'intérêt immédiat que dans l'intention de contribuer à la connaissance des anticryptogamiques dont le mode d'action a été élucidé dans des cas particuliers. Ce travail a porté notamment sur les questions suivantes : efficacité, conservation

de la faculté germinative, protection des grains traités contre les Insectes parasites, préservation de la plante contre les spores du sol, traitements communs aux céréales principales (Blé, Orge, Avoine). *La désinfection à sec est efficace, parfois polyvalente, selon la substance employée;* elle doit être effectuée obligatoirement chaque année, quels que soient l'aspect et l'état de propreté apparente du grain. Le traitement à sec s'est généralisé en Tunisie; les Ustilaginées ont presque complètement disparu des cultures.

Pour prévenir le Charbon interne du Blé (*Ustilago Tritici*), la précaution à prendre est le changement des semences. Le traitement de JENSEN (immersion des grains dans l'eau chaude), comme l'élimination des épis charbonnés, sont à appliquer lorsqu'il s'agit de petites quantités de semences pédigrées.

Si le champignon envahit la plante (cas de l'*Urocystis Tritici*), bien que les semences aient été traitées, c'est que le sol est contaminé; *il est indispensable d'incinérer les chaumes après la récolte, d'alterner les cultures, d'éviter surtout d'emblaver deux années successives les mêmes parcelles.*

2° *Le parasite n'est pas étroitement spécialisé.* Il atteint plusieurs céréales et plantes spontanées (cas fréquent des parasites cryptogamiques); c'est le cas des maladies de racines, des Piétins, des Rouilles et de certains parasites secondaires.

Les maladies des racines sont difficiles à prévenir parce que les spores restent dans le sol. *On en est réduit à prendre des précautions précitées (alternance de culture, etc.).* La désinfection partielle du sol n'est pas encore, dans les circonstances actuelles, suffisamment bon marché.

Parmi les Piétins il y a lieu de distinguer le Piétin-échaudage du Piétin-verse. Le champignon causant le Piétin-verse pénètre dans la plante surtout pendant la germination. Un traitement spécial des semences est envisagé à la fois contre les Ustilaginées et le Piétin-verse.

Le Piétin-échaudage se transmet aussi par les spores d'été; *le remède préventif consisterait surtout à incinérer les chaumes*, peut-être aussi à pulvériser de l'acide sulfurique dilué, utilisé par ailleurs pour détruire les mauvaises herbes. L'acide sulfurique agit utilement à condition que le Piétin-échaudage soit au début de son évolution, localisé dans la gaine. Ce procédé est aussi applicable pour réduire les invasions peu importantes de Piétin-verse, consécutives à des contaminations postérieures à la germination. *Mais le coût des pulvérisations est assez élevé et leur rendement est imparfait.* Les Piétins se déclarent souvent dans les sols humides et épuisés; *la jachère est alors une pratique nécessaire aussi bien que l'alternance des cultures (Avoine, Seigle, Légumineuses, etc.).*

Au sujet des Rouilles, la sélection est restée la méthode universellement adoptée.

La Rouille se transmet à la suite de la pénétration du tube germinatif de l'urédospore au début du printemps, parfois avant. La transmission est d'origine externe.

Il a été supposé que la distribution d'antiseptiques à la surface des feuilles et des épis empêcherait ces spores de germer. Les circonstances d'application sont précisées. Certains réducteurs (soufre, paraformaldéhyde) permettraient peut-être, à une dose peu importante, de retarder l'extension du fléau. Un essai heureux, réalisé sur des cultures en lignes, est à interpréter dans ce sens. Nous ignorons si cette méthode est applicable en grande culture surtout dans les circonstances économiques actuelles; plusieurs années de pratique permettront de conclure. Les traitements de ce genre, effectués à la même époque au Canada et aux Etats-Unis, sont comparables aux nôtres; ils sont restés à l'état d'essais expérimentaux et ne se sont pas généralisés. Le seul résultat positif qui a été obtenu est de restreindre presque totalement le développement de *P. Triticina* et surtout celui de *P. glumarum*, au moyen de doses très importantes, auxquelles il ne faut guère songer dans la pratique. La désinfection des semences et la stérilisation du sol n'empêchent nullement la Rouille d'apparaître pour les raisons qui ont été indiquées précédemment.

Les progrès réalisés en chimiothérapie permettent d'espérer que l'application des deux méthodes (traitement aux anticryptogamiques et sélection) contribueront de diminuer, dans des conditions payantes, les ravages dûs aux Rouilles.

Les moyens tendant à diminuer les dégâts consistent donc à pratiquer la jachère, à brûler les chaumes, et surtout à éviter de semer trop tardivement. La date des dernières semailles qui paraît convenir d'une manière générale doit être telle que la levée se produise vers les premiers jours de décembre.

Quant aux parasites secondaires, il ne saurait être actuellement question, pour réduire leur extension, d'admettre des dépenses sans rapport avec le bénéfice probable, à moins qu'un traitement, utilisé pour certains parasites importants, leur soit applicable [1].

---

(1) Voir la bibliographie à la fin du travail suivant.

A. PETIT

REMARQUES SUR LA TOXICITÉ DES ANTICRYPTOGAMIQUES POUR LES PARASITES DU BLÉ

SOMMAIRE

Le problème de la protection des plantes cultivées, par des produits chimiques appropriés, contre les parasites des cultures, a suscité un nombre considérable de travaux. Des revues générales ont été publiées [1], et des ouvrages ont été consacrés à l'ensemble de cette question, parmi lesquels nous citerons celui de BOURCART, de caractère encyclopédique, où l'ordre de l'exposé suit la nomenclature chimique; le livre de W. TRAPMANN (Schädlingbekampfung, 1927); celui de MARTIN (The scientific principles of plant protection, 1928). On trouvera dans le travail d'ensemble de MASON (Spraying, dusting and fumigating of plant protection, 1932) les détails sur les substances toxiques et les moyens de s'en servir contre les ennemis des plantes cultivées. Nous renvoyons le lecteur à ces compilations pour l'étude de tel point particulier.

Dans ce mémoire sont rassemblées les remarques concernant des sujets restreints, appuyées par des constatations empiriques sur les Ustilaginées et les Urédinées, principalement.

Les renseignements concernant les maladies des céréales se transmettant par la contamination du grain sont assez nombreux. Cela tient à ce que les essais d'infection réussissent facilement et que l'appréciation des dommages est simplifiée. Nous avons donc profité de circonstances rarement réalisées en pathologie végétale. Les faits constatés renseignent sur le parti que l'on peut tirer de l'emploi des sels métalliques par leurs effets sur les formes de résistance des champignons, sur les Insectes parasites des grains récoltés, etc.

Une des conclusions à déduire est que l'électivité et la polyvalence sont peu fréquentes. A part ces exceptions, le mieux est d'associer, pour s'assurer contre des risques différents, plusieurs substances possédant chacune un degré de toxicité très élevé pour un parasite déterminé.

I. TOXICITE DES DIVERS COMPOSES POUR LA SPORE DE TILLETIA

Les substances toxiques s'emploient soit à l'état de vapeur, soit à l'état de solutions diluées ou de poudres (produits amorphes ou cristallisés).

---

(1) GUYOT. — Le problème actuel des anticryptogamiques. — *Journal Agric. pratique*, 19 mars 1927.

DUFRENOY. — Insecticides et anticryptoganiques d'après les travaux étrangers. Revue de Botanique appliquée, 1931.

DELAGE. — Travaux récents sur les insecticides et les anticryptogamiques. *Annales agronomiques*, n° 3, 1931.

A. VAPEURS ET SOLUTIONS

Les vapeurs et les gaz, quelles que soient leur structure chimique et leurs propriétés oxydantes ou réductrices, en atmosphère sèche ou humide, ne sont pas toxiques.

Les liquides s'emploient en immersion, en trempage et en aspersion.

L'immersion dure dix minutes. Une même solution ne sert qu'à quatre passages au maximum; la méthode de l'immersion préalable de H. BRAUNN avec le sulfate de cuivre à 1 % ou le formol à 0,3 % (voir le mémoire précédent, p. 222) évite la neutralisation du sulfate de cuivre par la chaux, sans que la faculté germinative soit diminuée. Malheureusement, ce procédé très sûr n'est applicable qu'aux petites quantités de grains. On peut préparer *rapidement* des bouillies cupriques à 2 %, en mélangeant au moment de l'emploi une solution de chlorure cuivrique ou de nitrate de cuivre avec une solution de carbonate de soude ou de potasse, en ayant soin de neutraliser; ces corps sont presque solubles dans leur poids d'eau.

Les solutions de chlorure mercurique à 0,1 %, de biodure de mercure à 0,05 %, de chlorophénate ou de chlorocrésylate de mercure à 0,25 % sont toxiques pour une contamination pondérale de 0,5 gr. par kilo.

En général, les acides faibles, les acides organiques sont de mauvais antiseptiques, à l'exception cependant de l'acide formique.

Les aspersions, plus facile à effectuer à la ferme, manquent de régularité, par suite de la répartition inégale du liquide dans le tas de grains.

B. PRODUITS A L'ETAT SOLIDE

Les traitements à sec sont le plus souvent utilisés dès que la quantité de grains à désinfecter est importante. La poudre est mélangée au grain dans la proportion de 0,25 %. Nous avons classé empiriquement les poudres d'après leur efficacité.

1. CLASSIFICATION DES PRODUITS PULVERULENTS

Dans la liste suivante, le premier chiffre, placé dans les parenthèses, représente la capacité d'absorption de la vapeur d'eau par le produit pur; le deuxième chiffre, en italique, la teneur en métal % de la substance.

Les sels étudiés sont en très grand nombre; nous citons surtout les sels de cuivre que nous comparons aux sels de mercure, considérés

comme les plus toxiques par les expérimentateurs de différents pays. L'usage des sels mercuriels, des sels de plomb et des arsenicaux est interdit dans la pratique agricole. On peut se rendre compte que certains sels de cuivre sont d'une efficacité presque équivalente.

1. **Substances actives pour une contamination du grain par 2 % de de son poids de spores de Carie.**

Sels de Cuivre : chlorure cuivreux, désinfectant d'une manière absolue, en général (101; *63*); talc blanc avec 25 % de bibromure (146, 3; *44*), 25 % de nitrate cuivrique (125; *25*) ou 45 % de bichlorure (125; *38*); arsénite (1; *33*); monochloracétate (3, 8; »).

Sels de Hg : phénate; mélanges à base de biiodure, de bromure, d'oxycyanure, d'arséniate.

2. **Substances efficaces pour une contamination de 0,5 %.**

Sels de Cu : sulfate anhydre (56; *40*); oxychlorure *A* (la désignation par lettre des oxychlorures correspond à des produits d'origines diverses); acéto-arsénite (1; *25*); talc avec 30 % d'arsénite, 25 % de bibromure, 25 % de nitrate cuivrique ou encore 30 % de chlorure cuivrique ou cuivreux.

Sels de Hg : acétate; sulfures; oxydes; bisulfate.

3. **Substances efficaces pour une contamination de 0,1 %.**

Sels de Cu : oxychlorure *P* (3,8; *60*); acétate neutre (2,3; *32*); poudre à base d'acétate neutre; arséniate (11,4; *15*); talc avec les produits suivants : 15 % de fluosilicate (87; *5*), 15 % de bichlorure, 15 % de bibromure, 15 % de nitrate cuivrique, 15 % d'arsénite, 20 % de chlorate, 50 % sulfate anhydre, 33-50 % d'oxychlorure *A;* poudre à base d'oxychlorure *C;* carbonate précipité (2,1; 57); bromure cuivreux (0,1; *44*); iodure cuivreux; oxalate (0,8; *40*); citrate; hydroxyde.

Sels de Hg : calomel; poudre à base de chlorophénate.

4. **Composés insuffisamment efficaces pour une contamination de 0,1 %.**

Sels de Cu : oxyde noir (0,8; *80*); sulfure précipité (12,6; *66,3*); sulfure fondu (0,6; *80*); sulfocyanate; sulfocyanure (0,6; *35*); sulfophénate (2,1; »); phosphate neutre (2; *43*); phosphure (0,3; *86*); silicate (1,1; *40*); borate (5; *42*); chromate (0,8; »); formiate (17,4; *28*); tartrate (6,9; »); dichloracétate (34,1; »); poudre à base de carbonate précipité; talc avec 13 % de chlorate (79,5; *20*); talc avec 20 % de trichloracétate (73,5; »); talc avec 25 % d'oléate ou 30 % de monobromacétate (67; »); métal électrolytique pulvérulent.

Sel de Hg : néant.

Soufre sublimé[1] et certaines substances organiques; sulfate de paraphénylènediamine; talc avec 1-4 % d'auramine; talc avec 1-10 % de trioxyméthylène ou de polyoxyméthylène; les sels de Sn, Cd, Zn, Ce, Fe, Mn, K, Na, Ca, Ba, sont, en général, peu aptes à la désinfection des graines.

L'efficacité variable des composés dont il vient d'être question permet de mettre en parallèle quelques influences diverses de nature chimique ou physique.

2. FACTEURS DE LA TOXICITE

Alors que, pour les solutions, l'influence de la nature chimique des sels cupriques et mercuriels peut être considérée comme secondaire, particulièrement si le corps est soluble, il n'en est pas de même pour les substances employées à l'état pulvérulent : certains sels, agissant à faibles doses, possèdent des caractéristiques physiques spéciales. Il convient donc d'examiner brièvement ces deux ordres d'influences.

a) **Influences de nature chimique.** — Les plus apparentes sont : la nature du métal ou celle du radical, la teneur en métal, la basicité ou l'alcalinité, la nature des mélanges et celle des substratums.

Au sujet de la *nature du métal*, se pose la question de la toxicité propre à chacun d'eux. Si l'on examine la répartition des métaux par catégorie dans la classification précédente, on constate que le métal pur, même finement divisé, est pratiquement inerte. Pour qu'une action anticryptogamique devienne décelable, il est indispensable que le métal soit préalablement combiné ou qu'il donne naissance à des combinaisons, au contact de l'air et de l'humidité. L'oxyde noir de cuivre est le composé cuprique le moins toxique. On ne trouve pas de composés mercuriels dans la quatrième catégorie (4, p. 238); on ne voit qu'un sel mercuriel dans la troisième catégorie, le calomel. Le mercure a donc une toxicité plus forte que celle du cuivre. Les mélanges mercuriels pulvérulents sont, dans certains cas, cinq fois plus efficaces que les produits cupriques; les solutions mercurielles sont en moyenne dix fois plus toxiques que les solutions cupriques homologues. Le plomb vient en troisième lieu (essais non cités ici). Les concentrations minima sont de 0,05 % pour l'iodure mercurique et 0,1 % pour le bichlorure de cuivre.

La toxicité dépend autant du *radical* que du métal. Souvent, l'influence du radical est prépondérante. Les oxydes déshydratés sont en général inactifs, à l'exception des oxydes d'Ag et de Hg, employés

---

(1) L'iode, d'après DILLON-WESTON ne peut être utilisé comme fongicide.

à l'état pur. Les sulfures et les composés sulfurés minéraux sont sans valeur anticryptogamique, à moins qu'ils soient décomposés par un acide, un catalyseur (méthode BRANAS et DULAC), ou qu'ils s'oxydent, comme c'est le cas du sulfure de cuivre; il s'agit alors d'une augmentation de la toxicité par solubilisation (voir plus loin).

L'introduction de l'arsenic dans une molécule ne détermine pas toujours une nocivité spécifiquement liée à la présence de ce métalloïde; l'arsenic est biologiquement masqué dans l'arséniate de cuivre et l'arséniate de plomb. La nocivité de l'arsenic est corrélative de la formation d'acide arsénieux. Inversement, le métal peut être chimiquement masqué dans un composé organique et montrer une grande activité fongicide; c'est le cas de certains sels organiques de mercure. Les arsénites de cuivre et de plomb sont certainement les meilleurs anticryptogamiques. D'après ces considérations, le sels qui serait le plus toxique contiendrait dans sa molécule de l'acide arsénieux et du mercure. La présence des radicaux HCL, BrH, NO^3H permet d'affirmer la toxicité des sels cupriques.

La *teneur en métal* n'a qu'une relation indirecte avec la toxicité; celle-ci est augmentée lorsque le radical donne une forme active au métal; dans le cas contraire, la teneur en métal est absolument sans intérêt (cas des oxydes par exemple).

Certaines observations faites sur les solutions indiquent que la *basicité* ou l'*alcalinité* sont des facteurs améliorant indirectement le pouvoir anticryptogamique. Dans une solution aqueuse d'un acide fort, la stérilisation des spores est déjà très accentuée pour un pH de 2 à 2,5, la durée de l'immersion étant de 10 minutes. Or, le pH d'une solution de sulfate de cuivre ou de bichlorure de même efficacité est seulement de 4,5; l'activité anticryptogamique est presque exclusivement due au cuivre combiné plutôt qu'à l'acidité. Celle-ci facilite la mobilité du sel. Si l'on ajoute à une solution de chlorure cuivrique à 1 % un centimètre cube d'acide chlorhydrique pur, on double seulement l'efficacité, par suite de l'effet tampon.

Il faut donc s'attendre, chaque fois que la transformation chimique facilite l'absorption du poison par la spore, à une augmentation de l'efficacité; c'est ce qui se produit par la chloruration ou la bromuration de l'acétate neutre de cuivre; le monochloracétate est supérieur à l'acétate pour une même concentration métallique.

La quantité d'ions H, capables de tuer 100 gr. de spores, est de 0,5 gr., alors qu'il faut au moins 16 gr. d'ions OH. Cette proportion de 0,5 % est bien inférieure à celle qui correspond à l'emploi des sels de métaux lourds (plomb, cuivre, mercure), de l'acide arsénieux. Il est certain que les ions H représentent la substance la plus toxique; c'est aussi la plus simple. On a pensé à fixer les acides sur un subs-

tratum de manière à obtenir une poudre fongicide. Ces essais ont échoué probablement parce que le talc ne retenait pas suffisamment l'acide (ClH à 5 %). En employant du charbon de bois spécial, peut-être arrivera-t-on à utiliser la toxicité exceptionnelle des ions H contre beaucoup de parasites des plantes cultivées.

Les *mélanges* binaires ou ternaires, purs ou dilués à divers degrés, dans un substratum inerte, n'offrent pas un intérêt particulier; chaque élément ou chaque composé confère au mélange une toxicité proportionnelle à sa teneur. Il est très curieux de constater, contrairement aux prévisions, que certains sels perdent leur efficacité respective par suite d'une sorte de neutralisation : ainsi l'acétate neutre de cuivre, l'oxychlorure, le carbonate et le sulfate ne sont pas « améliorés » par addition de chlorure cuivreux, à moins d'ajouter des doses importantes.

Il semble exister une exception : le mélange en solution aqueuse du formol et du bichlorure de cuivre, dont le pouvoir fongicide est supérieur à la somme de celles des constituants; une telle propriété s'expliquerait vraisemblablement en se basant sur la variation du rH.

Les *substratums* sont à choisir parmi les corps indécomposables par la partie active; le calcaire et le tripoli ne peuvent pas servir de support aux sels cupriques, hygroscopiques et solubles. Le calcaire convient pour les sels peu solubles : le carbonate, l'oxychlorure, etc., ainsi que pour la plupart des sels de mercure, peu ionisés et très stables. Pour les sels cupriques de réaction acide, devant être mélangés à faibles doses, deux milieux permettent d'obtenir un bon rendement : le talc blanc et la bauxite pulvérisée, corps chimiquement inertes et insolubles dans l'eau.

b) **Influences physiques.** — Plusieurs causes facilitent l'inhibition de la spore : la solubilité dans l'eau, l'hygrospicité et la finesse des particules, l'adhésivité, l'état naissant; le facteur climat paraît être d'importance secondaire. De toutes ces influences, la solubilité permet d'expliquer le plus grand nombre de faits; c'est le facteur le plus important.

L'*influence de la solubilité* se constate directement si le sel est soluble. La transformation des composés insolubles en composés solubles est assez fréquente : celle du chlorure cuivreux en chlorure cuivrique; l'oxydation du sulfure de cuivre en sulfate; la dissolution du carbonate de cuivre au contact du parasite; la dissolution de l'arsénite de cuivre; la dissolution de l'acéto-arsénite au contact de l'eau; la transformation du calomel en bichlorure de mercure, etc.

Les sels cupriques solubles s'emploient avec 5 % de métal, alors que la plupart des sels insolubles nécessitent 15 à 50 % de cuivre pour

supprimer les effets d'une contamination importante. La plupart des sels organiques de cuivre sont solubles (acétate neutre, formiate, oxalate, etc.). Les sels très peu solubles ou insolubles (oléate, borate, phosphate, carbonate de cuivre, etc.) sont très peu toxiques par rapport à leur teneur en métal. Aucun sel n'est d'ailleurs rigoureusement insoluble dans l'eau : le chlorure de Pb est soluble dans la proportion de 0,007 %; l'oxyde de Hg ressemble au chlorure de plomb à ce point de vue (soluble à 0,005 %); le sulfure de cuivre fondu est assez soluble (0,03 %).

L'abaissement de la proportion de Carie est considérable dès que l'on atteint une concentration de cuivre métal de 2 % sous la forme nitrate cuivrique. La proportion de sécurité est de 5 % comme pour le chlorure cuivrique, proportion qui correspond au seuil de la toxicité pour une contamination de 5 gr. de spore par kilo; le taux de la dose curative en cuivre métal étant alors de 8 % dans les deux cas.

A faibles doses, les poisons solubles provoquent une stimulation dans la croissance du champignon. Le développement de *T. Tritici* est accélérée sur des milieux artificiels par des solutions convenablement concentrées de sels de mercure (GASSNER). Un composé toxique peut être inoffensif s'il est absorbé comme aliment par la plante; par exemple du formol (0,1 %), ajouté au liquide de KNOP, sert à la nutrition des plantes vertes, à condition que celles-ci soient exposées à la lumière, que la fonction chlorophylienne s'exerce; autrement, la solution de formol se comporte comme un antiseptique. Une substance typiquement alimentaire, telle que le sucre, empêche le développement des Levures par plasmolyse.

Les antiseptiques sont caractérisés par la succession rapide des phases de stimulation, d'inhibition et d'intoxication qu'ils provoquent à faibles doses.

La pénétration des sels dans la matière vivante des parasites est proportionnelle à la concentration (BRETIN, MANCEAU et REY); les sels de cuivre prennent au contact du protoplasme une forme non ionisée. Lorsque le composé est insoluble, l'absorption a lieu, à la suite de l'oxydation ou de la décomposition du sel, sous les influences conjuguées de l'air, de l'humidité et des sécrétions du champignon. La partie insoluble accélère la pénétration de la partie solubilisée. Un processus typique de ce genre a été mentionné par DELAGE : la partie insoluble conditionne électriquement l'absorption du cuivre soluble. Dans une solution d'acétate basique de cuivre, la fraction soluble émet des ions électrisés positivement, dans laquelle les zoospores du Mildiou ne sont pas tuées (constatation VILLEDIEU) parce que le cytoplasme périphérique, électrisé positivement, repousse les ions cuivre. Dès que la zoospore touche un granule basique, électrisé négative-

ment, la zone cytoplasmique périphérique est neutralisée, et la solution cuprique est absorbée. La zoospore meurt dès qu'elle touche un granule insoluble. Cette explication, admise aussi par Branas et Dulac, nécessite l'existence d'une phase soluble et d'une phase insoluble; cette circonstance est toujours réalisée, à moins de se servir d'eau distillée. L'eau du sol et l'eau de source contiennent toujours une certaine quantité de carbonate de chaux formant, au contact de sels solubles, du carbonate de cuivre insoluble, à l'état naissant. La partie du sel, solubilisée par les substances basiques de la spore, est absorbée, d'après le processus dont il vient d'être question. Les suspensions aqueuses deviennent actives, aussi, par solubilisation de la phase solide. S'il s'agit du chlorure cuivreux, le chlorure cuivrique qui se forme donne, au contact du calcaire, du carbonate de cuivre, puis de l'oxychlorure, produit de haute efficacité.

L'*hygrospicité* semble avoir une influence parallèle à celle de la solubilité; les composés cupriques classés parmi les substances les plus actives (I, p. 238) sont très hygroscopiques et extrêmement solubles, à l'exception de l'arsénite.

La *finesse des particules* est très importante pour les sels peu solubles ou dits insolubles (acétate, carbonate, oxychlorure de cuivre, poudre à base d'iodure mercurique); l'efficacité peut être augmentée de 50 %. On s'explique l'influence de la finesse des granules en supposant qu'elle réalise un meilleur contact entre la poudre et les spores, et que l'augmentation de surface facilite la dissolution du sel par le champignon, dans les conditions analogues à celles qui ont été constatées dans l'attaque du phosphate de chaux, finement pulvérisé, par les acides organiques. La finesse des particules permet donc d'atténuer dans une certaine mesure la distinction des composés insolubles en catégories, d'après l'efficacité; mais chaque sel possède une toxicité propre : le chlorure cuivreux, grossièrement pulvérisé, est d'une toxicité très supérieure à celle du carbonate de cuivre du sulfure ou de l'oxyde, aussi divisés soient-ils. Cette toxicité, spéciale à chaque composé, est constatée, à un moindre degré, pour les solutions; citons quelques sels de mercure par ordre de toxicité décroissante : biiodure, oxycyanure, bichlorure, phénate.

L'*influence de l'état naissant* est observée d'une manière particulièrement nette avec le carbonate de cuivre. Les suspensions préparées au moment de l'emploi avec du carbonate récemment précipité sont bien plus efficaces, toutes conditions égales, que les suspensions faites avec du carbonate conservé depuis longtemps.

L'*adhésivité* est particulièrement accusée si la substance est hygroscopique (sels halogénés de cuivre, sulfate anhydre); elle se constate si la poudre est finement divisée (acétate de cuivre, carbonate, oxy-

chlorure, arsénite, etc.); elle dépend aussi de l'état de conservation pour les produits hygroscopiques, dont les particules ont tendance à s'agglomérer à l'air libre.

L'efficacité des traitement paraît quelque peu influencée par le *climat*. GUYOT a obtenu les meilleurs résultats avec l'acétate neutre de cuivre employé à sec. Pour ARNAUD et M[lle] GAUDINEAU, l'oxychlorure de cuivre serait aussi efficace que le chlorure cuivreux que nous considérons comme un des meilleurs désinfectants. Il y aurait donc, sous la réserve que ces faits se généralisent, une nécessité de mettre à l'épreuve, dans chaque région, les anticryptogamiques.

II. PRESERVATION DE LA PLANTULE DE LA CONTAMINATION DU SOL

La protection du Blé soit contre la contamination du sol, soit contre la double contamination (grains et sol), est une question complexe qui n'a été pratiquement résolue que récemment par un simple traitement à sec des semences, comme s'il s'agissait uniquement de la contamination des grains.

A part l'arrosage du sol avec des solutions de sulfate de cuivre à la concentration voisine de 0,002 N (BRIGGS), il n'avait été trouvé aucun moyen de préservation.

Dans le tableau I sont résumés nos résultats. Les indices ont la signification suivante :

a, contamination du sol (0 gr. 5 et 10 gr. de spores par kilo de terre); *b*, contamination du grain (0—0,5 %).

A, lots dont les grains n'ont été ni contaminés ni traités.

B, lots dont les grains n'ont pas été contaminés, mais ont subi un traitement.

C, lots dont les grains sont contaminés, mais non traités.

D, lots dont les grains sont contaminés et traités.

X, lots ayant une très forte proportion d'épis cariés (pas de comptage).

Les arsénites permettent de diminuer d'environ huit fois le taux d'épis cariés dans le cas de la contamination maxima du sol, aussi bien que lorsque le grain est saturé de spores. L'arsénite de Pb est moins efficace que l'arsénite de Cu. Les autres sels métalliques qui sont d'ordinaire utilisés pour prévenir la Carie n'ont aucune action

stérilisatrice marquée, de même que le paraformaldéhyde et certaines matières colorantes, comme l'auramine.

Il n'a pas été possible d'élucider quel est le mécanisme de la stérilisation élective, due à l'arsénite de cuivre. Les arsénites de Cu et de Pb n'agissent que s'ils sont au contact du grain. On peut supposer que les radicelles entraînent au cours de leur croissance des particules très fines d'arsénite. Celles-ci n'agissent d'ailleurs pas à distance par induction, ainsi que des expériences l'ont prouvé. Peut-être que d'autres maladies se transmettant par les racines seront traitées par un poudrage approprié des semences.

L'amélioration sanitaire des sols contaminés n'est pas possible dans les cultures annuelles successives; la vitalité des spores est très longue.

III. TOXICITE DE DIVERS COMPOSES VIS-A-VIS D'USTILAGO HORDEI, U. AVENAE, CERCOSPORELLA HYPERTRICHOIDES

a) **Charbons externes de l'Orge et de l'Avoine.** — Pour éprouver la valeur chimiothérapique des composés chimiques, on contamine les semences en mélangeant un gramme de débris pulvérisés et tamisés provenant d'épis charbonnés, à 1.000 grammes de grains d'Orge ou d'Avoine; de cette manière on réalise une infection maxima; on n'obtient pas sensiblement plus d'épis charbonnés avec une contamination de 0,5 % qu'avec 0,1 %. Une contamination de 0,1 % correspond d'ailleurs à un nombre de spores environ 16 fois plus grand que dans la contamination du grain de Blé avec 2 % de spores de la Carie. Or, nous savons que la contamination du Blé est maxima avec un taux de spores de 2 %.

La décortication des grains, la mise à nu des téguments n'augmentent pas la proportion d'épis charbonnés, sous notre climat. Il ne saurait être question de généraliser cette observation. Aux Etats-Unis, TISDALE a obtenu, par ce moyen, une plus forte proportion d'épis charbonnés chez des variétés susceptibles (*Texas Winter*, *Orge Alaska*) et chez d'autres variétés assez résistantes, telles que *Han River*.

L'étude très détaillée de l'effet des antiseptiques sur la Carie nous a permis de constater que les composés chimiques réagissent constamment de la même manière, avec la même intensité relative, par rapport au complexe grain + spores + sol; nous admettons, par extrapolation, qu'il en est ainsi pour les Charbons. Plus de soixante traitements ont été comparés. Nous avons établi une classification des

TABLEAU I

Influence du traitement sur la protection des semences contre les spores du sol

TRAITEMENTS	% d'épis cariés (ANNÉES)											
	1930				1931				1932			
	$a = 10\ \%$; $b = 0\ \%$				$a = 0,5\ \%$; $b = 0.1\ \%$				$a = 0,5\ \%$; $b = 0,5\ \%$			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
Arsénite de cuivre	»	2	»	»	»	10,4	»	»	»	3,8	»	2,1
Talc avec 60 % d'arsénite de cuivre	»	»	»	»	»	34	»	39,5	»	»	»	»
Talc avec 30 % d'arsénite de cuivre	»	»	»	»	»	20	»	44	»	»	»	»
Acéto-arsénite de Cu	»	12,8	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Arsénite de Pb	»	»	»	»	»	21	»	7,1	»	3,4	»	»
Talc avec 60 % d'arsénite de Pb	»	»	»	»	»	»	»	14	»	»	»	»

Oxychlorure de Cu *P*........	»	23,4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Talc avec 15 % de nitrate cuivrique	»	56,6	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Poudre à base de chlorure cuivrique	»	27.5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Talc avec 15 % de fluosilicate de Cu	»	56	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Carbonate de cuivre..........	»	16	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Acétate neutre de Cu.........	»	40	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Talc avec 10 % de biiodure de Hg	»	»	»	»	»	»	»	»	»	7,5	»	5
Talc avec 5 % de paraformaldéhyde	»	»	»	»	»	»	»	»	»	11	»	20
Talc avec 15 % de chlorure cuivrique et 5 % de paraformaldéhyde	»	»	»	»	»	»	»	»	»	5,7	»	2,8
Témoins	X (1)	»	»	»	32	»	92	»	10	»	16	»

(1) X représente une très forte proportion d'épis cariés, supérieure à 50 %.

anticryptogamiques qui n'est pas superposable à la liste relative à la Carie. La répartition des composés, par catégories, selon leur efficacité, est assez différente. La désinfection est aussi effective avec certaines poudres qu'avec l'immersion dans une solution formolée à 0,3 %. Les spores de Charbons sont d'une très grande sensibilité vis-à-vis des composés de polymérisation du formol.

Parmi les différences existant entre les Caries et les Charbons, nous mentionnerons le comportement du chlorure cuivreux qui n'est pas d'une constance absolue pour prévenir les Charbons; c'est le contraire pour les Caries. Les spores du Charbon de l'Orge ont une sensibilité bien établie pour les substances réductrices, pour les sels de mercure et les sels de cuivre riches en métal, ainsi que pour ceux qui sont finement divisés et qui ont un poids spécifique plutôt faible (chromate de cuivre, par ex.). L'influence de la solubilité est moins nette que pour les Caries. Pour les deux genres, *Tilletia* et *Ustilago*, les oxydes, les sulfures et l'arséniate de cuivre ne présentent pas une toxicité marquée. Il est donc nécessaire, pour interpréter de telles constatations, de supposer que la spore charbonneuse a une composition chimique différente de celle de la Carie, et que l'action des anticryptogamiques est davantage conditionnée par l'action de contact.

Il existe donc un certain nombre de réactions différentielles entre *Tilletia* et *Ustilago* vis-à-vis des anticryptogamiques, et aussi des points communs : les mélanges à base de nitrate cuivrique sont efficaces contre la Carie, alors qu'ils sont beaucoup moins efficaces contre les Charbons; inversement, les mélanges contenant une faible proportion de polyoxyméthylènes, le chromate de cuivre, qui sont presque sans effet vis-à-vis des spores de la Carie, permettent une désinfection presque intégrale des grains d'Orge et Avoine. Le Charbon de l'Avoine se comporte comme le Charbon externe de l'Orge.

Les différences existant entre les Charbons externes et la Carie sont assez nombreuses, nous ne croyons pas qu'il soit utile de les citer *in extenso*. Une différence importante a été observée récemment et sera mise à profit sous réserve de confirmation : le soufre précipité [1] empêcherait tout développement du Charbon de l'Orge (*U. Hordei*).

Le traitement type commun est certainement l'immersion au formol à 0,3 % pendant quelques minutes. Ce procédé ancien donne toute satisfaction, mais il est un peu incommode.

---

(1) Le soufre dont il s'agit est préparé en décomposant le monosulfure de sodium par H Cl. Les produits solubles sont éliminés par lavage à l'eau. Ce soufre, légèrement hydrophile, devient acide au contact de l'air. Le soufre finement moulu a été utilisé contre le Charbon du Sorgho (*U. Sorghi*). D'autres variétés de soufre sont à l'étude pour prévenir *U. Hordei*. Voir la note : « Le traitement des caryopes des céréales. Le soufre et le soufre cuprique ».

b) **Cercosporella herpotrichoides.** — C'est un parasite peut-être aussi redoutable que le champignon causant le Piétin échaudage. Le cas du *Cercosporella* est plus compliqué que celui des Ustilaginées, car la contamination peut se produire, non seulement au cours de la germination, mais aussi à une période quelconque de la végétation, même après l'épiage. Cette contamination se produit aussi par le sol et l'air. Il est probable qu'en empêchant l'infection initiale ou primaire et l'infection du sol, on diminuerait les chances d'attaque dans de sérieuses proportions, à moins que la maladie soit généralisée. FRON aurait montré l'efficacité du sulfate neutre d'oxyquinoléine : le traitement des semences avec ce produit, soit par immersion, soit par poudrage, protège les plantules de la contamination primaire et dans une certaine mesure de la contamination secondaire, due aux germes du sol. Il faudrait donc admettre une diffusion du sulfate dans la terre. De toute façon, il ne faut guère compter d'empêcher les nombreuses sporidies transportées par l'air de germer sur la gaine.

Le Piétin échaudage n'a pu être évité par le traitement des grains enrobés à la quinoléine.

Le sulfate neutre d'oxyquinoléine est une poudre, très finement divisée et très hygroscopique, soluble dans l'eau; son adhésivité est extrême. On peut supposer, comme pour la préservation des plantules contre les spores de Carie répandues dans le sol, que des particules sont entraînées par les organes qui s'accroissent rapidement. La quinoléine est essayée contre le Piétin-verse et contre les Ustilaginées.

IV. VALEUR COMPAREE DES ANTICRYPTOGAMIQUES POUR LES INSECTES PARASITES DES GRAINS RECOLTES

On peut se demander s'il est possible de préserver les semences traitées des Insectes parasites, particulièrement pendant la saison chaude, quels sont les composés permettant d'atteindre ce but, et pour quelle durée.

Nous avions remarqué que les grains traités peuvent parfois résister aux Insectes parasites à condition que le local soit clos. Les essais tentés avec de petites quantités montrèrent qu'une telle préservation a lieu même si le nombre d'Insectes est très élevé (une vingtaine d'Insectes par gramme de grains); le témoin a été rendu impropre à toute utilisation industrielle.

Les sels de Hg sont de bons insecticides à l'état pulvérulent, jusqu'à la concentration de 6 %. Les sels de cuivre, autres que l'arsénite, employés à l'état pur, permettent parfois une bonne conservation, pendant une saison chaude. Les mélanges de sels de cuivre avec un substratum inerte ne sont pas suffisamment efficaces pour éviter le traitement au sulfure ou au tétrachlorure de carbone. Deux sels ont donné de bons résultats : l'arsénite de cuivre et l'arsénite de plomb. Les arséniates de Cu ou de Pb, le pyrèthre (dont les principes actifs sont trop volatils), employés séparément, mélangés entre eux, ou mélangés avec des composés cupriques divers, n'ont pas donné de résultats satisfaisants, après un laps de temps relativement court. L'arsénite de cuivre, meilleur, à ce point de vue, que les préparations mercurielles, est une des rares substances, d'usage polyvalent, pouvant s'employer contre les Insectes parasites des grains, les Caries, la désinfection du sol, le Charbon externe de l'Orge. La diminution de la faculté germinative des semences n'est que de 1 % après deux ans, bien que celles-ci aient été, à l'origine de l'expérience, et avant chaque été, mises au contact permanent de larves et d'Insectes adultes de Charançons, Teignes, Alucites, Blattes, etc. Si l'on mélange l'arsénite de Cu ou de Pb avec une substance inerte, les propriétés insecticides diminuent d'autant. Pour être certain d'une bonne conservation, il est nécessaire de traiter à l'arsenite pur. Il ne faut guère dépasser 14 mois, parce que ces composés tuent les embryons à la longue.

Si l'on classe les différents métaux lourds au point de vue de leur action sur les Insectes parasites des semences, nous obtenons la liste suivante :

1. — *Substances permettant la protection des grains au moins pendant une saison chaude* (*certainement un an*) : arsénite de cuivre.

2. — *Mélanges protégeant les semences durant une saison chaude :* sels de Hg mélangés avec un substratum; mélanges contenant au moins 6 % de sel.

3. — *Substances préservant les semences six mois, pendant la saison froide et parfois pendant la saison chaude :* sels de cuivre purs (acétate, oxychlorure, carbonate, sulfate anhydre, chlorure cuivreux, arséniate). Il est prudent de recouvrir de poudre le dessus du tas de grains.

4. — *Substances généralement inefficaces :* mélanges de sels de cuivre avec un substratum, mélange de talc et de sels cupriques hygroscopiques (nitrate, bichlorure), mélanges à base de pyrèthre, d'arséniate de plomb.

V. EFFET DE LA DESINFECTION SUR LA FACULTE GERMINATIVE ET SUR LA VEGETATION

Les essais de germination des grains traités à sec se font dans de la terre humide.

Certains traitements altèrent la vitalité de l'embryon : le monochloracétate de cuivre, les bromacétates de cuivre, l'arséniate de Na, l'acide arsénieux et le pyroantomoniate de Na, etc. En règle générale, les sels minéraux du mercure ne doivent pas être employés à une concentration supérieure à 10 %. Les produits bromés dégagent du brome en très petite quantité à la longue et sont à éliminer pour cette raison. Le nitrate de Cu s'altère lentement après 2-3 ans lorsqu'il est mélangé à un substratum.

Pour éviter la multiplicité des tableaux, les pourcentages germinatifs des semences de Blé, d'Orge et d'Avoine ont été rassemblés dans le tableau II. Les essais ont été faits, dans de la terre tamisée, un an après le traitement des semences (250 gr. par quintal pour le Blé et 350 gr. pour l'Orge et l'Avoine).

L'Orge résiste le mieux aux antiseptiques et ne subit aucune diminution de vitalité. L'Avoine est sensible à l'arsénite de Cu et surtout au chlorure cuivreux. Le Blé est tué par les polymères du formol. On peut évidemment classer les anticryptogamiques d'après la tolérance des grains. En général les sels de cuivre cités et les préparations à base de sels de mercure (10 % du composé pur) permettent la conservation de la faculté germinative. Seul, parmi les sels de mercure, le calomel, composé homologue du chlorure cuivreux, peut s'employer non dilué.

La conservation de la faculté germinative est-elle suffisante pour garantir une diminution de la vitalité de la plantule ? On peut supposer que celle-ci peut survivre tout en fournissant une récolte amoindrie. Une légère diminution de la faculté germinative ne paraît pas avoir de répercussion sur le rendement. La vérification a été effectuée pour le chlorure cuivreux, corps très hygroscopique, par rapport au carbonate de cuivre précipité qui ne diminue pas la faculté germinative. Nous avons comparé, dans les deux cas, le rendement de 20 parcelles successives de deux lignes de 10 mètres; les grains avaient été traités respectivement au chlorure cuivreux et au carbonate de cuivre.

Les résultats sont indiqués dans le tableau III.

TABLEAU II

Influence du traitement à sec sur la faculté germinative des grains de céréales

TRAITEMENTS	POURCENTAGES DE GERMINATION			
	Blé tendre	Orge hexast.	Orge dist.	Avoine
Talc avec 15 % de bichlorure de Cu	88,4	»	»	98,1
Talc avec 26 % de bichlorure de Cu.....................	92,8	»	»	»
Poudre à base de bichlorure de Cu	87	90,2	94,6	97,6
Chlorure cuivreux	»	86	93,6	15,4
Poudre à base d'oxychlorure de Cu C..................	»	95	»	88,2
Poudre à base d'acétate neutre de Cu..................	»	95	»	84,4
Poudre à base de carbonate de Cu	93,4	93	»	80
Arsénite de Cu..............	91	96	91,4	71,2
Talc avec 15 % de nitrate cuivrique	90,8	»	»	»
Talc avec 20 % de nitrate cuivrique	»	84.6	95	80
Talc avec 25 % de nitrate cuivrique	92	»	»	»
Poudre à base de chlorophénate de Hg.................	91,8	»	»	»
Poudre à base d'iodure mercurique	88,2	»	»	»
Calomel	88	»	»	»
Talc avec 3,5 % de paraformaldéhyde	50	87,4	91,6	68,1
Témoins	87 et 92	91	93,5	96,6

Il ressort de ces chiffres que le traitement des grains au chlorure cuivreux ne détermine pas un abaissement du rendement. Darnell-Smith et Morettini ont montré que le rendement est plus élevé, si les grains sont enrobés dans une poudre cuprique, par comparaison avec une immersion dans le sulfate de cuivre à 1 %.

Certaines substances provoquent un léger retard dans la germination, de l'ordre de 24 heures. C'est ce qui se produit avec l'arsénite de cuivre. Un retard d'un jour sur la levée est sans influence sur le rendement, à moins qu'il ne soit concomitant d'une diminution notable de grains germés; ce fait se produit avec certains procédés humides, sans neutralisation.

Une réduction importante de la faculté germinative cause une prolongation de la végétation des pieds restants qui risquent d'être envahis par les Rouilles et différents parasites du collet.

VI. TOXICITE DES REDUCTEURS POUR LES SPORES DE PUCCINIA

Les matières choisies sont tolérées sans dommages par la plante à condition que leur réaction soit faiblement acide; l'insolubilité est de règle à moins de n'employer que de faibles doses. Si ces précautions ne sont pas prises, les feuilles sont rapidement altérées; des brûlures se produisent. Ces conditions limitent étroitement le choix des anticryptogamiques à des substances se décomposant lentement ou se solubilisant difficilement. Il faut donc éviter l'emploi des soufres bruts, non décyanurés, ou des sels de cuivre retenant une fraction soluble. D'autres composés possèdent des propriétés toxiques à l'égard des spores de Rouille : le soufre précipité, la cyanamide calcique et les polyoxyméthylènes.

Le soufre peut être répandu à l'état pur. Sa toxicité, qui est très nette à doses élevées, est en relation directe avec l'acidité, le degré de finesse; du soufre passant au tamis de 300 (de 200 au moins) permet d'obtenir une régression de la Rouille des feuilles (*P. glumarum*) et de la Rouille brune (*P. Triticina*). Mais le soufre présente un inconvénient, c'est de n'être efficace que si la température est d'au moins 20°.

Le formol polymérisé présente un grand intétêt, en raison des faibles proportions utiles (1-2 %). Il convient de signaler le manque de toxicité des sels cupriques, surtout des sels insolubles, en particulier du carbonate. Cette observation est en accord avec la constatation de

TABLEAU III

Influence sur le rendement du traitement des semences au chlorure cuivreux

Nos des parcelles	Nos des lignes	Traitement des semences au Carbonate de cuivre — Poids des gerbes	Carbonate de cuivre — Poids des grains	Chlorure cuivreux — Poids des gerbes	Chlorure cuivreux — Poids des grains
1	1			1,51 kilogr.	0,46 kilogr.
	2			1,8	0,527
				3,31	0,987
2	3	1,365 kil.	0,38		
	4	1,15	0,337		
		2,515	0,717		
3	5			1,16	0,323
	6			1,125	0,3
				2,285	0,623
4	7	1,645	0,51		
	8	1,4	0,402		
		3,045	0,912		
5	9			1,54	0,436
	10			1,36	0,384
				2,90	0,820
6	11	1,7	0,508		
	12	1,78	0,510		
		3,48	1,018		
7	13			1,825	0,489
	14			1,57	0,462
				3,395	0,951
8	15	1,77	0,488		
	16	1,5	0,416		
		3,27	0,904		
9	17			1,56	0,437
	18			1,565	0,435
				3,125	0,872
10	19	1,29	0,377		
	20	1,62	0,455		
		2,91	0,832		

TABLEAU III (suite)

Nos des parcelles	Nos des lignes	Traitement des semences au Carbonate de cuivre — Poids des gerbes	Carbonate de cuivre — Poids des grains	Chlorure cuivreux — Poids des gerbes	Chlorure cuivreux — Poids des grains
11	21			1,575	0,442
	22			1,78	0,413
				3,355	0,855
12	23	1,98	0,55		
	24	1,645	0,477		
		3,625	1,027		
13	25			1,81	0,506
	26			1,57	0,462
				3,38	0,968
14	27	1,68	0,522		
	28	1,31	0,3		
		2,99	0,822		
15	29			1,72	0,472
	30			1,72	0,468
				3,44	0,940
16	31	1,55	0,443		
	32	1,87	0,536		
		3,42	0,979		
17	33			1,6	0,4
	34			1,75	0,42
				3,35	0,82
18	35	2,015	0,506		
	36	1,97	0,472		
		3,985	0,978		
19	37			2,07	0,542
	38			2,45	0,705
				4,52	1,247
20	39	2,4	0,702		
	40	2,65	0,75		
		5,05	1,452		
Totaux...		34,29	9,641	33,06	9.083
Moyenne des parcelles.		3,429	0,964	3,306	0,903

Beauverie qui a montré que les urédospores germent beaucoup plus difficilement dans les solutions formolées que dans les solutions cupriques. La toxicité du soufre finement divisé peut être augmentée de deux manières opposées : en mélangeant à la poudre un oxydant (permanganate) ou un réducteur (polyoxyméthylène); dans le premier cas, le soufre est oxydé, transformé en acides polythioniques, particulièrement en acide penta dont le rôle est bien connu; dans le second cas, le pouvoir réducteur du soufre est augmenté de celui du formol polymérisé, ce dernier agissant directement sur la germination des urédospores. On a pu arriver à déterminer la composition d'un mélange nettement actif, ne contenant que 10 % de soufre précipité, 1-2 % de polyoxyméthylène, 5-10 % de cyanamide calcique, et du calcaire finement moulu, comme substratum. Une des principales difficultés techniques est de préparer un substratum de réaction neutre, très finement divisé, ne conduisant pas l'électricité, car l'adhérence est aussi liée à l'état électrique des particules; la silice sera essayée en vue de résoudre cette difficulté.

Ces recherches sont compliquées par des questions de prix et de rendements; ce n'est que dans plusieurs années que la généralisation des traitements anti-urédiniens pourra être préconisée, si les conditions économiques le permettent.

VII. CONSIDERATIONS GENERALES

Le *mode d'action* des anticryptogamiques est certainement très variable. Les essais d'explication se rapportent surtout à l'influence de la solubilité et la finesse des particules.

Il se forme, comme nous l'avons vu, des produits solubles. Ceux-ci s'accumulent d'abord dans les membranes; il est vraisemblable, étant donné les faibles quantités d'antiseptique, dissout au contact du parasite (pour les composés insolubles), que l'effet toxique résulte d'une inhibition plutôt que de la fixation.

Les sels des métaux lourds se combinent à un grand nombre de matières organiques ou se dissolvent à leur contact : lipides, acides gras, bases (méthylamines). Les diastases sont tuées ou inhibées. La combinaison supposée des poisons avec les diastases rendrait compte du fait que les poisons agissent à des doses infimes, souvent indécelables par les procédés chimiques : l'amylase est inactivée par de faibles quantités de cuivre. Les cyanures arrêtent les processus respiratoires. Les solutions concentrées coagulent la matière vivante. Les sels cupriques et mercuriels se combinent aux nucléo-protéides, particulièrement avec les noyaux.

Le cas de certains oxydes métalliques peut être élucidé si l'on admet

l'hypothèse de BOHN, basée sur le comportement de la matière vivante au contact des parois métalliques qui ne changent pas le pH des solutions. L'eau ayant séjourné au contact des parois n'est pas toxique; l'influence vient de la charge électrique. Les métaux émettraient, d'autre part, une radiation, dont l'intensité augmente à mesure que le nombre atomique croît, et qui ralentirait la croissance des tissus; il s'agirait d'une action toxique qui, par ses conséquences, serait analogue à l'action de contact catalytique, invoquée par BOHN. Quels que soient les processus, certaines substances présentent une toxicité spécifique pour un parasite déterminé.

L'*électivité*, la toxicité spécifique d'un antiseptique (comme c'est le cas des chlorures cuivreux et cuivrique), s'explique en tenant compte des circonstances spéciales facilitant l'absorption. Si l'on fait la moyenne des coefficients d'efficacité, chiffres qui permettent de comparer les résultats de plusieurs années (rapport des pourcentages d'épis cariés à ceux des lots témoins), pendant une période de six années consécutives (1928-1933), on constate, par exemple, dans le cas d'une contamination importante (0,5 % de spores), que le coefficient d'efficacité du chlorure cuivreux est 5 fois plus élevé que la somme des coefficients concernant le carbonate de cuivre, l'oxychlorure de cuivre B et la poudre contenant 15 à 25 % de chlorure cuivrique. Le chlorure cuivreux est le siège d'une transformation rapide en chlorure cuivrique qui est, comme le bromure cuivrique, très soluble dans la méthylamine, substance existant en abondance dans les débris du grain carié. Il se forme aussi, au contact du sol, du carbonate de cuivre à l'*état naissant* et de l'oxychlorure de Cu, soluble dans le bichlorure. L'efficacité du chlorure cuivreux est donc celle d'un complexe deutochlorure-bichlorure-oxychlorure-hydrocarbonate, plus ou moins réversible, avec une phase liquide, une phase insoluble, en partie à l'état colloïdal. Le chlorure de calcium qui prend naissance attire l'humidité du sol et tend à augmenter l'importance de la phase soluble.

La toxicité spécifique du chlorure cuivrique pour la Carie a été mise à profit et vérifiée à grand échelle. Avec une poudre chlorocuprique ne titrant que 4 % de cuivre il a été établi que le pourcentage d'épis cariés était inférieur à 1/10.000. Une autre vérification a été effectuée en prélevant dans un champ de Blé tendre *Baroota* (variété très sensible) deux séries de parcelles; les unes proviennent de semences ayant été traitées avec une poudre ne contenant que 11 % de chlorure cuivrique; les autres sont issues de graines ayant été enrobées dans un produit contenant 30 % d'oxychlorure. Dans les deux séries, sur environ 20.000 épis, il n'a pas été constaté de grains cariés.

Si le composé a une toxicité très marquée pour plusieurs parasites,

il est polyvalent. La *polyvalence* est aussi rare que la spécificité. L'arsénite de cuivre est polyvalent (Caries, Charbons externes, contamination du sol, Insectes parasites des grains). Les sels de mercure sont polyvalents à un moindre degré, car il ne protègent pas les plantules contre la contamination du sol. Certains sels de cuivre présentent une tendance à la polyvalence (chlorure cuivreux, oxychlorure très pur et très finement divisé).

Il est donc rarement possible de traiter plusieurs parasites avec la même substance.

Le sulfate d'oxyquinoléine est à éprouver pour préciser son degré de polyvalence.

Actuellement, la question est moins importante pour les parasites qui sont détruits sans difficulté particulière lorsque l'on peut augmenter la dose toxique (dans les traitements horticoles); mais il n'en est pas de même pour ceux des grains des céréales qui ne peuvent retenir plus de 350 gr. de poudre par quintal; il faudrait donc deux sortes de produits : un mélange où l'élément actif serait faiblement concentré, de manière à entretenir l'état sanitaire des grains très peu infectés (traitement préventif proprement dit), et un produit contenant une plus grande proportion de sels toxiques (dose curative), destiné à la désinfection des caryopses visiblement souillés de spores. Cette concentration est précisée pour les Charbons externes, dont le comportement vis-à-vis des antiseptiques est assez différent de celui des Caries.

On comprend aisément que l'*appréciation de la valeur anticryptogamique* d'une préparation est à effectuer d'après certaines indications. L'appréciation directe des traitements des semences demande trois ans, dans les cas les plus simples; ce n'est qu'exceptionnellement qu'il est nécessaire de connaître la répercussion du traitement sur le rendement. L'essai sur la faculté germinative, d'ailleurs indispensable, porte sur une période de six mois au minimum. Les résultats doivent être constatés en fonction de deux degrés de contamination pour les Caries (1 gr. et 5 gr. de spores par kilo) et d'un degré pour *Urocystis Tritici* et les Charbons externes (1 gr. par kilo).

VIII. INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

ARNAUD G. — Maladies nouvelles ou peu connues en France. Le mildiou des céréales (*Sclerospora macrospora*), *Annales des Epiphyties* 1917, p. 49.

ARNAUD G. — Essais de traitement de la carie du Blé (*C. R. Ac. Agric.*, 18 octobre 1929, p. 844).

ARNAUD G. et Mlle GAUDINEAU. — Le traitement de la carie du Blé (*Annales Soc. Agronomique*, novembre 1929).

ARNAUD G. et Mlle GAUDINEAU. — Le traitement de la carie du Blé. Action comparée des produits chimiques et du formol. (*Annales Sc. Agronomique*, mars 1931).

ARTHUR JOSEPH. — The plant rusts (Uredinales), 1929.

BŒUF F. — Les maladies cryptogamiques des plantes cultivées. (*Bulletin* de la Direction de l'Agriculture, Tunis, 1904).

BŒUF F. — Observations préliminaires sur une maladie des céréales récemment signalée en Tunisie, (*Bulletin de la Direction de l'Agriculture*, 1903, p. 185).,

BRANAS J. et DULAC. — Sur le mode d'action des bouillies cupriques. Rôle des dépôts (*C. R. Ac. Agric.*, p. 120, 1934).

BRANAS. — Compte rendu. Voir *Congrès de la défense des végétaux*, Paris 1935.

CARRÉ. — L'acide sulfurique et le Piétin du Blé (*Journ. Agriculture pratique*, 30 sept. 1933).

CHABROLIN. — La rouille noire en Tunisie (*Revue Path. végétale*, 1929).

CHRESTIAN. — Traitement des semences des céréales (*Revue Agric. Afr. Nord*, 22 octobre 1922).

CHRESTIAN. — Le Charbon des tiges de Blé de la vallée du Cheliff (*Rev. Agric Afr. Nord*, 27 juillet 1923).

COSTANTIN. — Objections à la théorie mycorhizienne (*C. R. Acad. Sc.*, I, p. 379, 1933).

CRAIGIE. — Investigations of sex in the rust fungi (*Phytopathology*, nov. 1931).

DEL GUIDICE. — Alcune esperienze sull azione anticrittogamica dello solfo (*Bolletin R. Staz. Pathol. Vegetale*, p. 128, 1931).

DRESCHLER. — Quelques espèces d'*Helminthosporium* parasites des Graminées (*Journ. of. Agricultural Research*, 1923).

DULAC. — Communication à l'*Académie d'Agriculture*, 13 juin 1934.

DUCOMET et FOËX. — Introduction à une étude agronomique des rouilles des céréales (*Annales des Epiphyties*, 1925).

DUCOMET. — Les rouilles du Blé au cours de la campagne 1925-26 (*Revue Pathologie végétale*, 1928).

FOËX. — Le traitement de la carie du Blé, 1919.

FOËX. — Le Piétin du Blé (*C. R. Ac. Agr.*, n° 89, 1929).

FOËX et ROSELLA. — Contribution à nos connaissances sur le Piétin du Blé (*C. R. Ac. Sc.*, 4 novembre 1929).

FOËX et ROSELLA. — Recherches sur le Piétin (*Annales des Epiphyties*, 1930).

FOËX et ROSELLA. — Au sujet du Piétin du Blé, 1931.

FOËX et ROSELLA. — Etude sur le Piétin des Céréales (*C. R. Ac. Agr.*, p. 479, 1934).

FRON et Mlle GALLET. — Sur la maladie des brûlures des racines des Graminées (*C. R. Ac. Agric.*, p. 119, 1925).

FRON. — Contribution à l'étude de la maladie du Pied noir des céréales ou Piétin (*Annales Sc. Agronomique*, 1re année, p. 3).

FRON. — Nouveaux essais de lutte contre la maladie du Piétin du Blé (*C. R. Ac. Agr.*, 13 juin 1934).

GAUDINEAU (Mlle). — Sur quelques facteurs de l'infection du Blé par la carie, *Tilletia Tritici* (*Annales des Epiphyties*, septembre 1932).

GAUDINEAU (Mlle) et GUYOT. — Observations sur le Piétin des Céréales (*C. R. Ac. Agr.*, p. 122, 1925).

GREANEY F. J. et BAILLEY D. L. — Root rots and foot of wheat in Manitoba. Ottawa 1927.

GREANEY F. J. et BAILLEY D. L. — Dusting vith sulphur for the control of leaf and stem rust of wheat in Manitoba (*Scientific Agric.*, mars 1928).

GREANEY F. J. — The prevention of cereal rusts by the use of fungicidal dusts. Ottawa, 1934.

GÜSSOW H. T. et CONNERS I. L. — Les maladies charbonneuses des plantes cultivées. Bulletin n° 81, Ottawa, 1932.

GUYOT. — De l'existence de formes pycnidiennes chez *Ophiobolus graminis* Sacc. et *O. herpotrichus* (Fron) Sacc. (*Rev. Path. végétale* 1925).

GUYOT. — Contribution à l'étude systématique et biologique de l'*Asterocystis radicis* (*Annales des Epiphyties*, 1927).

GUYOT. — De l'action de quelques désinfectants contre la carie du Blé, *Tilletia caries* (*Revue Pathologie végétale*, oct. 1928).

GUYOT. — Au sujet du mode d'hivernation de certaines Urédinées parasites des Graminées (*Revue Pathologie végétale*, 1932).

GOULDEN C. H., MARGARET NEWTON et BROWN A. M. — The reaction of varieties at two stages of maturity to sixteen physiologic forms of *Puccinia graminis Tritici* (*Scient. Agric.*, sept. 1929).

HANNA W. F. — The physiology of the fungi causing bunt of wheat. Contribution n° 372. Ottawa.

HART Helen. — Morphologic and physiologic studies on stem-rust resistance in cereals (*U. S. A. Depart. of Agric. Bull.* N° 226, déc. 1931).

HORSFALL G. — L'oxyde rouge de cuivre pulvérulent dans la lutte contre la maladie des semis. Publication de Cornell University, 1932.

HORSFALL G., NEWHALL A. G. et GUTERMAN C. E. F. — Dusting miscellaneous seeds vith red copper oxide to combat damping off. id. fevr. 1934.

HUMPHREY HARRY B. — Rapport sur les recherches américaines relatives aux maladies végétales dues aux carences minérales, 1931.

HUNGEFORD. — Relations existant entre l'humidité du sol, la température, et la carie du Blé (*Phytopathology*, 1922).

JOHNSON T. A. — A study of the effect of environmental factors on the variability of physiologic forms of *Puccinia graminis Tritici* (*Depart. of Agriculture, Ottawa, Bull.* N° 140, 1931.

KIRBY R. S. — The take all disease of cereals ans grasses (*Phytopathology*, p. 66, 1922).

LAMBERT et STAKMAN. — Sulphur dusting for the prevention of stem rust of wheat. id., p. 631, 1929.

LAUMONT P. et MURAT M. — Observations sur la moucheture et la mauvaise germination de quelques blés en 1933 (*Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord*, juillet 1934).

LEHMANN et AICHELE. — Keimungsphysiologie der Gräser, 1931.

LEVINE. — Biometrical studies of physiologic forms of *Puccinia graminis Tritici* and its effects of factors on the susceptibility of wheat varieties (*Phytopath.* 1928).

MAIRE R. — Uredinales hétéroxènes de l'Afrique du Nord (*Bull. Société* Botanique de France, 1914).

MAIRE R. — Champignons Nord-africains nouveaux ou peu connus.

MIEGE. — Traitement des semences des céréales (*Revue Agric. Afr. Nord.*, 11 janvier 1924).

Miege. — Le mouchetage des grains de blé (*Rev. Path. Végétale*, p. 262, 1930).

Mitra M. — A leaf spot disease of wheat caused by *Helminthosporium Tritici repentis* (*The Indian Journal of Agricultural Science*, août 1934).

Montemartini L. — Sopra la ruggine del grano in Sicilia (*Atti della R. Accademica di Scienze, Lettere et Belle Arti di Palermo*, vol. XVIII, fasc. II, 1933).

Moreau F. — Sur une maladie du blé en herbe, p. 236, 1930 (*Rev. Pathologie végétale*).

Neal Liming. — The relation of pentathionic acid and its component constituents to the toxicity of sulphurs fungicides (*Phyth.* 1932).

Newton M., Johson T. et Brown A. M. — A preliminary study of hybridization of physiologic forms of *Puccinia graminis Tritici* (*Scient. Agr.*, juin 1929).

Newtôn M., Johson T. et Güssov H. T. — Specialisation and hybridization of wheat stem rust, *P. gr. Tritici* in Canada (Bull. nº 760, 1932).

Newton et Brown A. M. — Studies of the nature of disease resistance in cereals. The reaction to rust of mature and immature tissues (*Canadian Journ. of Research*, nov. 1934).

Pagliano. — Les parasites des grains récoltés (*La Tunisie Agr.* 1927).

Perrin. — La carie et ses traitements (*Rev. Agr. Afr. Nord.*, 22 nov. 1922).

Petit Albert. — Traitement de la carie du Blé au moyen de faibles doses de cuivre. Résultats d'une étude systématique (*Rev. Path. Vég.* 1928).

Petit Albert. — Action de certains sels halogénés sur la spore d'une Ustilaginée, *Tilletia levis* (*C. R. Société Biol.*, 26 déc. 1928).

Petit Albert. — Le traitement de la carie du Blé et la préservation des grains vis-à-vis des insectes parasites des semences (*Annales Service Botanique et Agronomique*, 1931).

Petit Albert. — Observations sur le charbon du Blé, id.

Petit Albert. — Contribution à l'étude de la transmission des rouilles des céréales en Tunisie (*Revue Path. Végétale*, 1930).

Petit Albert. — La transmission et le traitement des rouilles des céréales en Tunisie (*Annales Service Botanique et Agr.* 1932).

Petri. — Un estesa infection di *Pythium* su piante di grano (*Boll. R. Staz. Path. veget.*, p. 285, 1930).

Rabaté. — Action de l'acide sulfurique dilué dans les champs de céréales (*Journ. Agric. pratique*, 20 déc. 1924).

RAPIN S. — Action de la température et du sol sur le développement de *T. tritici*, 1927.

RODENHISER et STAKMAN. — Spécialisation physiologique de *Tilletia levis* et *T. tritici* (*Phytopathology*, 1927).

RUTTLE L. M. — Studies on barley smuts and on loose smut of wheat (*Technical bulletin*, n° 221, février 1934, Geneva, U. S. A.).

SCHAFFNIT. — Sur la formation de toxines par divers parasites des plantes (*Ber. der. deut. Bot. Gesell*, p. 444, 1932).

SIBILIA. — Recherches sur les rouilles des céréales (*Bull. de la Station R. Pathologie végétale*, Rome, 1931).

SIBILIA. — Sulla costituzione biotipica della « *Puccinia triticina Erik.* » in Italia (*A. R. Accad. dei Lincei*, vol. XIX, 1934).

SIDERIS. — Taxonomic studies in the family *Phythiacae*, 1931.

SIDERIS. — Pathological and histological studies on pythiaceous root rots of various agricultural plants. Technical paper, n° 14.

SRAGUE R. — The cause of the Columbia basin foot root of winter wheat (*Science*, p. 51, juillet 1931).

STAKMAN, LEVINE, RALPH V. COTTER et LEE HINES. — Relation of Barberry to the Origin and Persistence of Physiologic forms of *Puccinia graminis* (*Journ. of Agric. Research*, 1 juin 1934, p. 953).

TISDALE W. H., DUNGAN G. H. et LEIGHTY C. E. — Flag smut of wheat with special reference to varietal resistance (*Agr. Exp. Sta. Illinois*, n° 242, 1923).

WANTERPOOL C. — *Asterocystis radicis* (*Phytopathology*, 1930, p. 677).

VIENNOT-BOURGIN. — Essais sur la carie du Blé (*Rev. Path. Végétale*, octobre 1932).

WALLACE JONES. — Physiologic specialisation as a factor in the epiphytology of *Puccinia graminis Tritici* (*Phytopathology*, février 1932).

WEBB Robert W. et HURLEY FELLOWS. — The growth of *Ophiobolus graminis* Sacc. in relation to hydrogen ion concentration (*Journ. of Agric. Research*, vol. 33).

ZOJA. — L'immunité chez les plantes. 1925.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I

Fig. 1-4. — Pustules de *Puccinia graminis* sur feuilles de Blé, sur tige.

Fig. 5-6. — Autre aspect de *P. graminis* sur feuilles.

Fig. 7. — Urédospores de *P. graminis.*

Fig. 8. — Téleutospores de *P. graminis.*

Fig. 9. — Urédospores de *P. Triticina.*

Fig. 10. — Sores de *P. Triticina* sur feuilles.

Fig. 11. — Mycelium de *P. graminis* dans les tissus de l'écorce.

Fig. 12. — Urédospores de *P. glumarum.*

Fig. 14. — Glumes envahies par *P. glumarium.*

Fig. 13 et 15. — Sores de *P. glumarum* sur feuilles.

PLANCHE II

Fig. 1. — Spore de *Tilletia levis* en formation.

Fig. 2-4. — Spores adultes de *Tilletia levis.*

Fig. 5. — Spore de *Tilletia Tritici.*

Fig. 6-8. — Germination de la spore de *Tilletia levis.*

Fig. 9-10. — Mycelium de *T. levis* dans la tige.

Fig. 11. — Sporidies encore assemblées.

Fig. 12. — Sporidies et union entre sporidies.

PLANCHE III

Fig. 1-2. — Formation des conidies de *Sphaeroderma damnosa.*

Fig. 3-4. — Conidies de *S. damnosa* provenant d'une culture sur gélose

FIG. 5. — Conidies de *Marssonia secalis.*

FIG. 6-7. — Conidies d'*Ascochyta graminicola.*

FIG. 8. — Conidies de *Septoria Tritici.*

FIG. 9. — Conidies de *Erysiphe graminis.*

PLANCHE IV

FIG. 1. — Spore d'*Helminthosporium sativum.*

FIG. 2. — Spore de *Alternaria sp.*

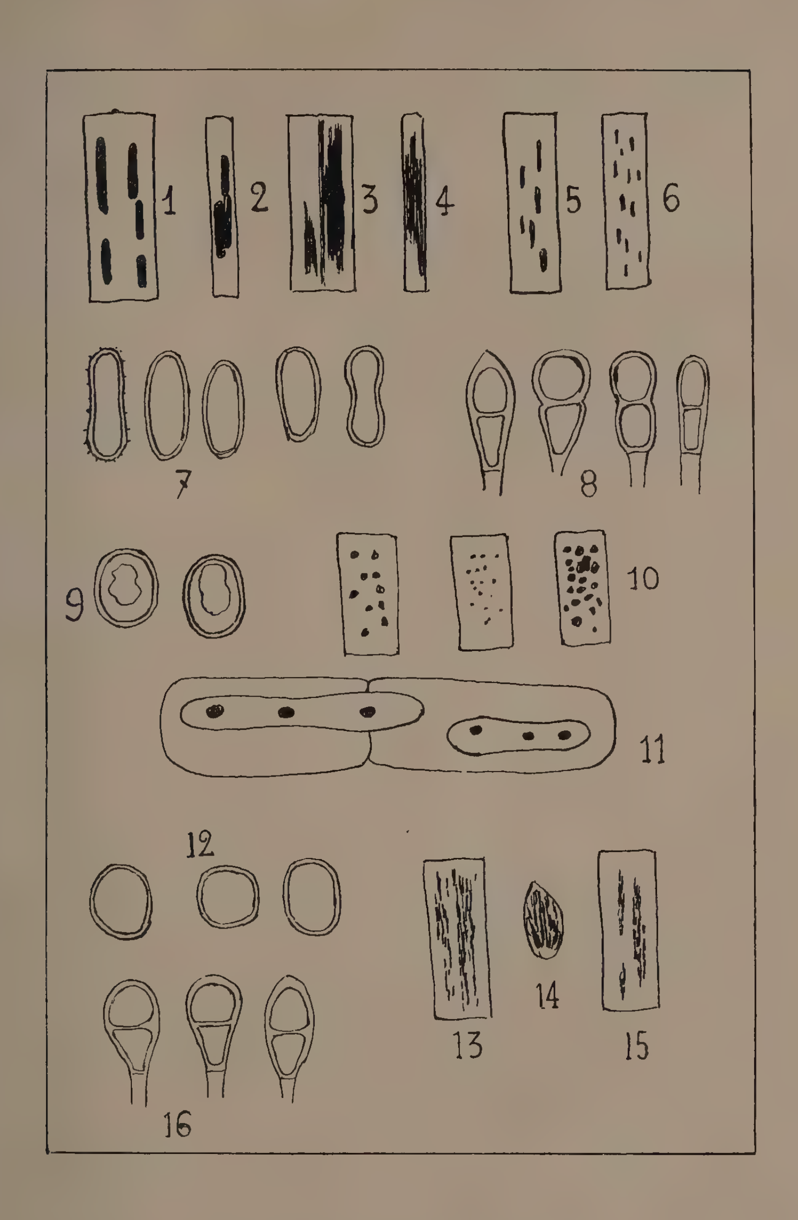
FIG. 3-4. — Spores de *Cladosporium sp.*

FIG. 5-12. — Tumeurs causées par *Heterodera* (Anguillule), au voisinage desquelles on rencontre, dans les racines, des Chytridiacées.

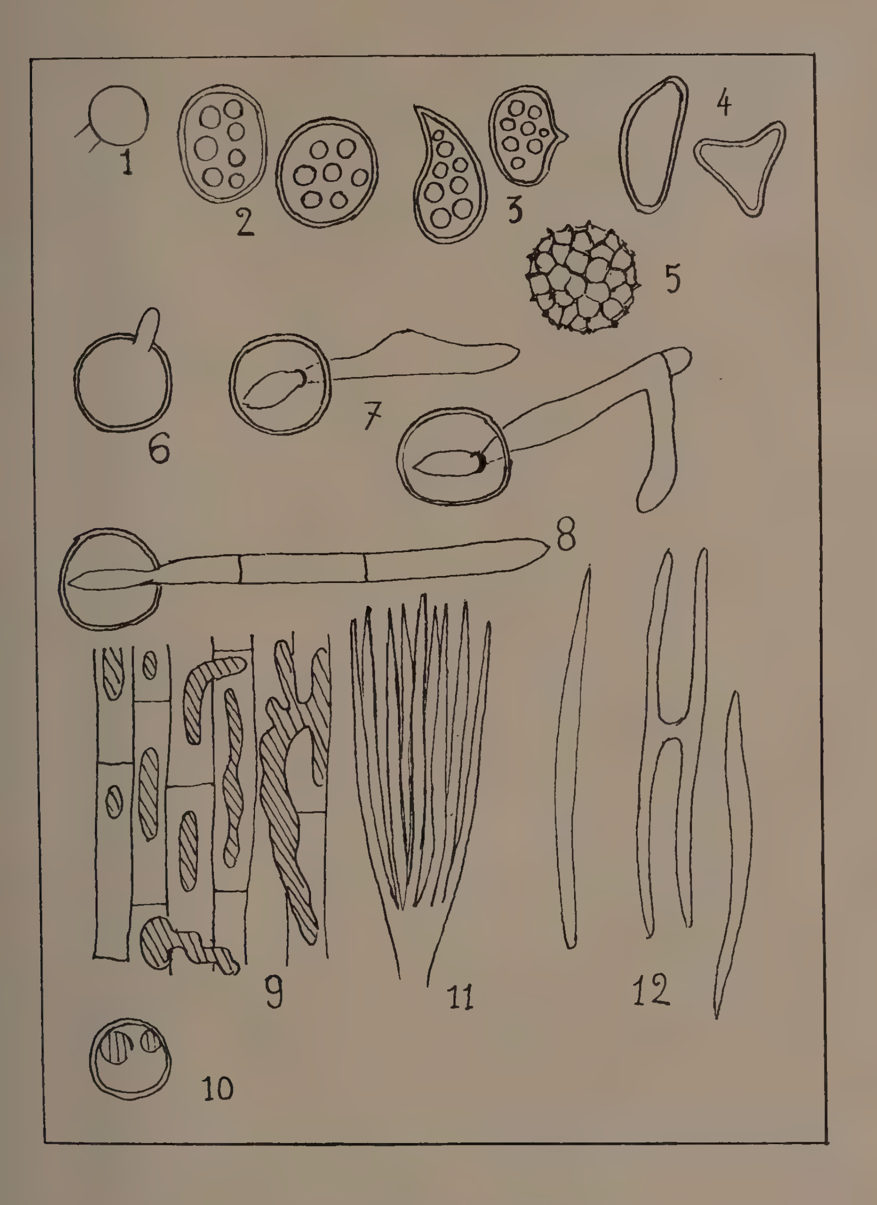
FIG. 6-8. — Sporanges de *Lignera.*

FIG. 10. — Kystes d'*Asterocystis radicis.*

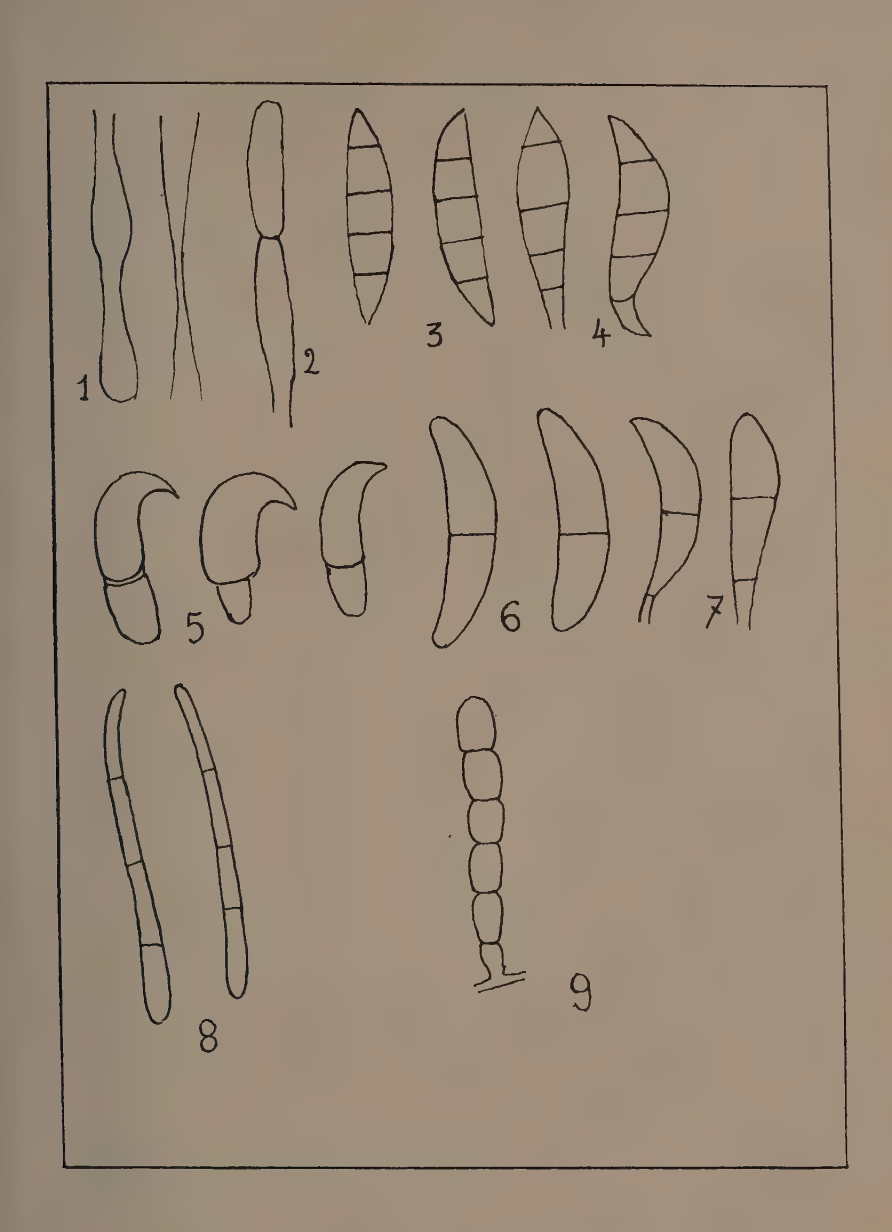
FIG. 11. — Gamètes de *Pythium.*



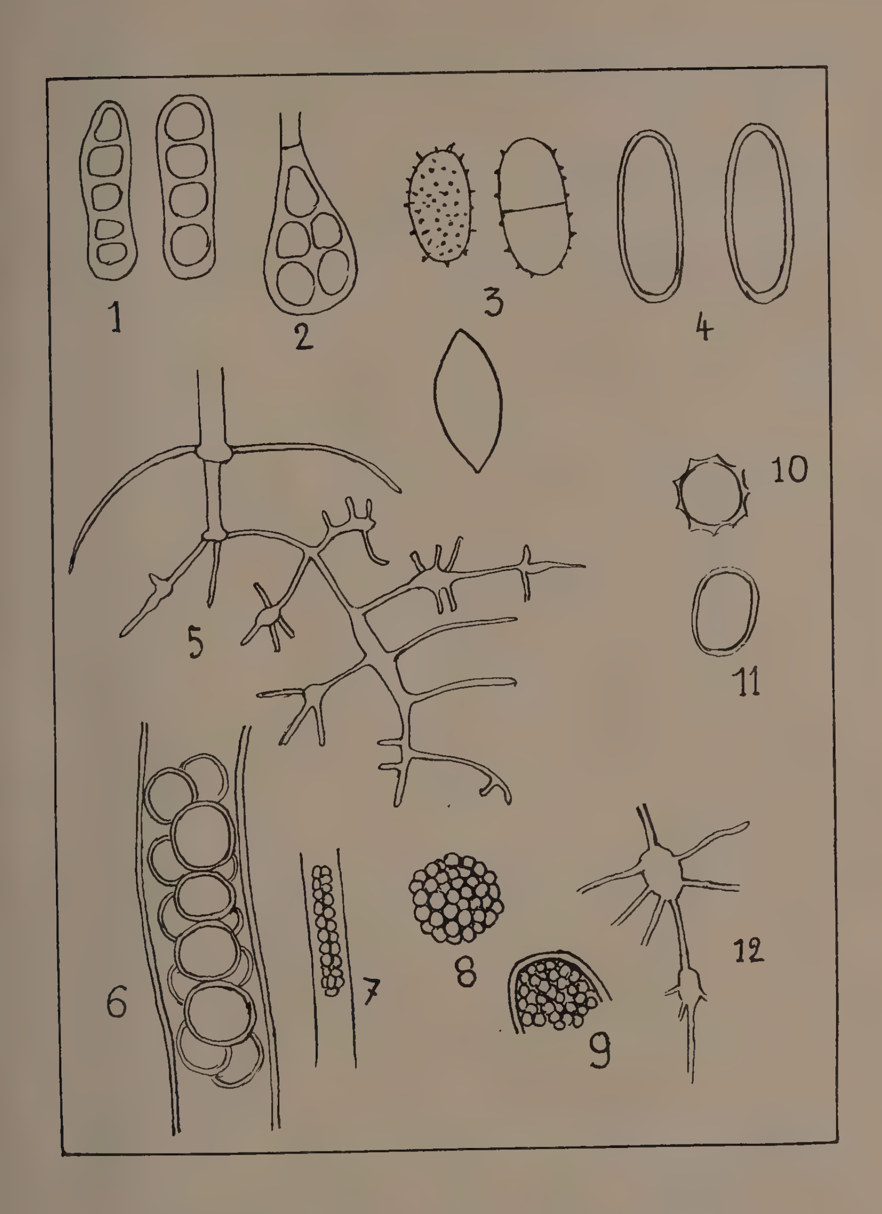
URÉDINÉES - Rouilles du Blé.



USTILAGINÉES - Carie du Blé.



Melanospora - Parasites du collet et des feuilles.



Parasites secondaires - Phycomycètes et Dematiées.

A. PETIT

LE TRAITEMENT des CARYOPSES des CÉRÉALES

LE SOUFRE ET LE SOUFRE CUPRIQUE

Les deux procédés en usage pour traiter les grains sont l'immersion dans des solutions aqueuses diluées ou leur enrobage avec un produit finement pulvérisé. Les résultats publiés précédemment sont confirmés.

A. — *L'immersion* dans une solution de formol à 0,3 % au maximum permet de tuer les spores des deux Caries (*Tilletia levis* et *T. Tritici*), celles du « Charbon » des feuilles (*Urocystis Tritici*), du Charbon couvert de l'Orge (*Ustilago Hordei*) et du Charbon nu de l'Avoine (*U. Avenae*).

Les solutions aqueuses de chlorure cuivrique ressemblent à cet égard aux solutions formolées. L'addition d'un mouillant, en proportion convenable (1/500) qui ne se combine pas aux sels de cuivre, sans être indispensable, améliore sensiblement l'efficacité des solutions très étendues. Un tel mouillant (dérivé cyclique A), non dilué, se conserve longtemps au contact de solutions concentrées de chlorure cuivrique, qui se dissout, comme on le sait, dans l'eau, en quelques secondes. Il est donc facile de préparer, dans le temps minimum, une solution de chlorure cuivrique à 0,5 %, suffisante pour supprimer les Caries, le « Charbon » des feuilles du Blé, le Charbon couvert de l'Orge et le Charbon nu de l'Avoine; les degrés de contamination des semences étant respectivement, pour chacune de ces céréales, 0,5 % (5 gr. de spores par kilo de grains), 0,2 %, 0,1 %.

Il ne faut pas craindre d'aller jusqu'à la concentration de 1 % de chlorure cuivrique s'il s'agit de l'*Urocystis*. Ce dernier n'envahit la plante que si les grains sont contaminés; les épis, souillés de spores et enfouis dans le sol, donnent naissance à des plantes saines.

La concentration de 0,5 % de chlorure cuivrique suffit généralement.

Le traitement humide au chlorure cuivrique est donc un traitement commun type, contre les Noirs des céréales, au même titre que le

traitement au formol. Le chlorure cuivrique a sur le formol l'avantage de ne répandre aucune odeur.

B. — Dans la grande culture, seuls, les traitements à sec sont généralisés. Certains présentent la même sûreté que l'immersion. La quantité de produit est de 250 gr. par quintal de semences pour le Blé, et 350 gr. pour l'Orge et l'Avoine. Les résultats de 1934 et ceux de 1935 sont groupés dans le tableau suivant.

L'appréciation des dommages est notée ainsi :

Pour la Carie, les chiffres des colonnes représentent les pourcentages d'épis cariés du Blé tendre Richelle; pour le Charbon de l'Orge distique 121 et celui de l'Avoine, il s'agit du nombre d'inflorescences charbonnées par ligne de 10 mètres. L'attaque des feuilles de Mahon par l'*Urocystis* est appréciée un peu comme pour les Rouilles : 0, pas de dommage; 1 = 1/10ᵉ des feuilles détruites; 2 = le 1/3 des feuilles est charbonné; 3 = 50 % de dégâts.

En comparant les chiffres des colonnes nous sommes amené à noter les observations suivantes.

1° Les résultats concernant la Carie (*Tilletia levis*) sont exactement les mêmes que ceux qui ont été publiés par nous dans divers périodiques : très grande efficacité ou plutôt électivité du chlorure cuivreux, des préparations à base de chlorure cuivrique (à partir de 15 % de chlorure cuivrique cristallisé avec 2 molécules d'eau), de l'arsénite de cuivre, de l'iodure mercurique (7 %), c'est-à-dire supériorité générale des *sels minéraux* précités; efficacité moins grande, mais encore satisfaisante, surtout pour la contamination pondérale de 0,1 %, des oxychlorures de cuivre, de l'acétate, du sulfate anhydre, dont les proportions (mélange avec un substratum) ne doivent pas être inférieures à 40-50 %; efficacité peu prononcée du carbonate de cuivre précipité, à l'exception d'une poudre « homogénéisée », à base de carbonate de cuivre, dont il sera question plus loin; toxicité quasi nulle de l'oxyde rouge de cuivre (jusqu'à 750 gr. par quintal de grains); inefficacité des variétés de soufre citées dans le tableau et des produits à base de paraformaldéhyde ou de trioxyméthylène.

Deux faits sont à signaler.

Le *chlorure cuivrique peut être mélangé au soufre*, par voie humide, sans employer de mouillant; on ne distingue aucune décomposition sensible. On peut donc conserver du soufre cuprique contenant 25 % de chlorure cuivrique, dont la valeur anticryptogamique reste inchangée.

Les mélanges à base de carbonate de cuivre sont notablement améliorés si le sel est réparti d'une manière homogène, chaque granule

du substratum étant revêtu d'une pellicule de carbonate adhérant à sa surface. Tout se passe alors comme si la poudre était exclusivement constituée par du carbonate précipité pur. L'effet toxique est augmenté, ici, d'une manière parallèle à celle de la surface de contact. Ce mode de préparation est à retenir d'une manière générale pour renforcer la toxicité des composés insolubles, car la fabrication de poudres de plus en plus finement divisées est limitée (on arrive pourtant par ce procédé à diminuer de 50 % la proportion d'épis cariés) par les dispositifs industriels qui ne permettent guère de dépasser un degré de finesse, tel que la plus grande partie des particules passent au tamis de 300. La ténuité des granules d'un substratum approprié et leur enrobement par une pellicule d'anticryptogamique renforcent donc la toxicité des poudres insolubles. Mais il est certain que l'*enrobement des granules inertes par un sel soluble donne de meilleurs résultats :* 25 gr. de cuivre sous la forme carbonate homogénéisé, la plus active, équivalent à 5 gr. de cuivre sous la forme bichlorure. Cela est conforme à ce que nous avions soutenu antérieurement : la toxicité de chaque sel dépend en premier lieu de la forme de son radical, et secondairement, de l'état de division des particules, toutes autres conditions étant égales (degré de contamination, sensibilité de la variété, etc.).

2° Il est à constater que l'*Urocystis Tritici* se comporte d'une manière générale comme la Carie du grain, avec la légère différence que le sulfate de cuivre anhydre agit moins que pour *Tilletia*. Il est possible de classer les substances par ordre d'efficacité (voir les observations ci-dessus concernant la Carie).

3° Au sujet de l'*Ustilago Hordei* (Charbon couvert, se transmettant uniquement par contamination de la plantule), on obtient une bonne préservation avec le chlorure cuivreux, la poudre à base d'iodure mercurique, l'arsénite de cuivre, le sulfate de cuivre anhydre, la poudre homogénéisée à base de carbonate de cuivre (50 %), l'acétate de cuivre; de moins bons résultats avec l'oxychlorure ou les poudres à base d'oxychlorure; enfin des résultats inférieurs aux précédents avec les poudres contenant du chlorure cuivrique, dont l'action est irrégulière (le degré de contamination est maximum).

Les diverses variétés de *soufre* montrent une efficacité comparable à celle du produit contenant 7,5 % de paraformaldéhyde. Ces soufres permettent tous, avec un effet toxique sensiblement égal, de désinfecter avec sûreté des grains d'Orge retenant le maximum de charge de spores. La réaction du soufre intervient peu. Le soufre noir, précipité, de réaction alcaline, dont les particules sont d'ailleurs peu fines, est aussi efficace que le soufre en fleur et que le soufre précipité

Comportement de quelques anticryptogamiques employés à l'état pulvérulent

TRAITEMENTS	TILLETIA LEVIS 0.1 °/. de spores 1934	1935	Moyenne	0.5 °/. 1934	1935	Moyenne	UROCYSTIS-TRITICI 0.2 °/. 1935	USTILAGO HORDEI 0.1 °/. de spores 1934	1935	Moyenne	U. Avenæ 0.1 °/. 1935
Témoins	40	63	51.5	75.6	77.5	76.5	2-3	42	85	63	9
Arsenite de cuivre	0	0.8	0.4	0	0.4	0.2	0	0	0	0	1
Chlorure cuivreux	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2	0
Poudre à base d'iodure mercurique	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Talc et 25 % de chlorure cuivreux	0.2	0	0.1	0.2	0.4	0.3	0	34	12	23	6
Poudre P à base de chlorure cuivrique (25%)	0	0	0	1.5	2	1.7	0	30	3	16	»
Oxychlorure de cuivre A	0.5	0	0.2	1.4	2	1.7	0	9	9	9	1
Poudre A (III) à base de chlorure cuivrique, 8 % de Cu	0	0	0	1.4	1	1.2	1-2	25	50	37	2
Poudre A (IV) à base de chlorure cuivrique, 8 % de Cu	0	0.2	0.1	1.4	2.2	1.8	0	13	32	22	2
Témoins (produit A. IV)	44	51.5	47.7	83.4	76.5	80	2-3	98	85	91	9
Sulfate de cuivre anhydre	0.2	0	0.1	0.6	2	1.3	2	0	0	0	0
Poudre ***homogénisée*** à base de carbonate de Cu (50 %)		0.6			2.2		0		1		0
Oxychlorure de cuivre P		0.2		0.5	3	1.7	0	0	1	0.5	4
Talc et 15 % de chlorure cuivrique	0	0	0	0.2	3	1.6	0	26	62	44	2
Poudre A (II) contenant environ 15 % de $Cu^2 Cl^2$	0	0.2	0.1	0.2	3.8	2	0	56	70	63	0
Poudre à base d'acétate de cuivre (50 %)	0	0.6	0.3	2.1	3.6	2.8	0	2	22	12	0
Poudre à base de chlorophénate de mercure	0	0.8	0.4	2.4	6.6	4.5	1	11	6	8	5
Acétate neutre de cuivre grossièrement pulvérisé	0.2	0.4	0.3	2.6	9.4	6	0	0	1	0.5	1
Poudre C à base d'oxychlorure de cuivre	1.1	1.4	1.2	2	9	5.5	1	0	9	4.5	0
Talc et 50 % d'oxychlorure A (B)	0.3	0.4	0.3	5	13.2	9.1	0	11	26	18	3
Carbonate de cuivre précipité	0.2	0.8	0.5	6.4	10.4	8.4	0	16	19	17.5	5
Talc et 41,5 % d'oxychlorure A (C)	0.2	1.4	0.8	3.2	17.6	10.4	0	28	28	28	»

Comportement de quelques anticryptogamiques employés à l'état pulvérulent *(suite)*

TRAITEMENTS	TILLETIA LEVIS 0.1 % de spores 1934	TILLETIA LEVIS 0.1 % de spores 1935	TILLETIA LEVIS 0.1 % de spores Moyenne	TILLETIA LEVIS 0.5 % 1934	TILLETIA LEVIS 0.5 % 1935	TILLETIA LEVIS 0.5 % Moyenne	UROCYSTIS TRITICI 0.2 % 1935	USTILAGO HORDEI 0.1 % de spores 1934	USTILAGO HORDEI 0.1 % de spores 1935	USTILAGO HORDEI 0.1 % de spores Moyenne	U. Avenæ 0.1 % 1935
Témoins	40	63	51.5	75.6	77.5	76.5	2-3	42	85	63	9
Talc et 33 % d'oxychlorure A	0.2	1.6	0.9	4	14.2	9.1	0-1	35	31	33	»
Poudre *homogénéisée* à base de carbonate de Cu (25 %)	»	2.2	»	»	10.4	»	0	»	31	»	5
Talc et 50 % de carbonate de cuivre précipité	»	2.6	»	»	21.4	»	0	»	35	»	»
Talc et 25 % de carbonate de cuivre précipité	»	4.2	»	»	17.4	»	1	»	73	»	»
Poudre C à base de carbonate de cuivre (50 %)	2.6	4.2	3.4	14	16	15	1	50	36	43	0
Poudre A (V) à base de chlorure cuivrique (8 % de Cu)	»	0.4	»	»	0.4	»	1-2	»	35	»	0
Talc et 50 % de sulfate de cuivre anhydre	0.8	0.4	0.6	6	33	20	1	7	30	14	3
Soufre précipité ultra fin et 25 % de chlorure cuivrique	»	0	»	»	1	»	0	»	0	»	»
Soufre en fleur	Lots très cariés			Lots très cariés			1	5	3	4	5
Soufre sublimé lavé		—			—		1-2	»	2	»	Du charbon
Soufre noir précipité A (réaction alcaline)		—			—		1	»	2	»	
Soufre A, trituré ventilé		—			—		2	»	0	»	
Soufre précipité Codex		—			—		0	0	5	2	»
Soufre précipité ultra fin		—			—		1	0	4	2	»
Soufre mouillable		—			—		2	»	0	»	»
Soufre sublimé viticole (10 % de sulfate de cuivre)		—			—		0	»	3	»	»
Talc et 7,50 % de paraformaldéhyde		—			—		2-3	»	0	»	»
Talc et 5 % de paraformaldéhyde		—			—		»	0	0	0	»
Talc et 3,50 % trioxyméthylène		—			—		2-3	»	»	»	»
Oxyde rouge de cuivre (750 gr. par quintal de grains)		—			—		2-3	35	136	85	»

Codex qui sont acides. Le soufre en fleur lavé, neutre, se comporte comme le soufre acide. L'adjonction d'un mouillant est sans conséquence sensible, comme la réaction et le degré de finesse : le soufre bon marché ou le soufre trituré ventilé équivalent au soufre passant au tamis de 300. Le soufre cuprique viticole (10 % de sulfate) convient à cet usage, mais il est impropre au traitement des Caries.

Au contraire, *le soufre cuprique à base de chlorure cuivrique* (25 %) permet d'obtenir des récoltes indemnes de Carie, d'*Urocystis*, de Charbon externe de l'Orge, d'une manière pratiquement parfaite.

4° Les observations relative au Charbon couvert de l'Orge sont en général valables pour *Ustilago Avenae*. Il faut tenir compte que le chlorure cuivreux et les poudres contenant du paraformaldéhyde sont néfastes à la levée de l'Avoine; d'autre part, le Charbon de l'Avoine est peu sensible au soufre, ce qui, contrairement à ce que nous supposions, le différencie de *U. Hordei*. Les substances efficaces contre le Charbon de l'Avoine sont : le mélange à base d'iodure mercurique, le sulfate de cuivre anhydre, l'acétate neutre; dans une moindre mesure, l'oxychlorure, le carbonate de cuivre et leurs mélanges avec un substratum inerte (voir le tableau). Nous avons donné un compte rendu détaillé sur ce sujet (*Revue de Pathologie végétale*, juin 1933).

En conclusion, on se débarrasse des Caries et de l'*Urocystis Tritici*, d'une manière économique, en employant des produits à base de chlorure cuivrique qui présentent l'avantage de respecter longtemps la faculté germinative des grains traités et qui n'émettent que peu de poussière lors de l'enrobage des grains. Nous répétons que l'adjonction de substances hycroscopiques aux anticryptogamiques, destinés au traitement à sec des semences, devrait être légalement exigée.

Contre le *Charbon externe de l'Orge*, le mieux est d'employer, dans les cas graves, soit du soufre, même si la contamination est massive, soit du soufre acide, aussi fin que possible, mélangé à du chlorure cuivrique (25 %), qui est destiné à éliminer complètement les Caries, l'*Urocystis* du Blé.

Autrement, il est nécessaire de se servir du chlorure cuivreux, du sulfate anhydre, ou, à défaut, de l'oxychlorure de cuivre pur, sels que l'exploitant trouve peu fréquemment dans le commerce. Si le grain est presque propre, les poudres à base de chlorure cuivrique, le mélange homogénéisé contenant 50 % de carbonate, le mélange titrant 50 % d'acétate, etc., sont suffisants dans la pratique.

Le traitement des semences d'*Avoine* contre le Charbon nu exige les mêmes substances que pour l'Orge. Il faut toutefois exclure le paraformaldéhyde, le chlorure cuivreux qui diminuent la faculté germinative, le soufre qui est peu efficace.

CH. CHABROLIN

LE CYCLE EVOLUTIF DES UREDINEES

REVUE DES TRAVAUX SUR L'HETEROTHALLISME DES UREDINEES

INTRODUCTION

Beaucoup d'Urédinées, champignons qui causent les Rouilles, ont un cycle évolutif compliqué qui exige, pour être complet, deux plantes-hôtes tout à fait distinctes. C'est le cas par exemple du *Puccinia graminis*, agent de la Rouille noire des Céréales. Le mycélium qui vit dans les feuilles de Blé a des cellules pourvues chacune de deux noyaux, c'est-à-dire d'un dicaryon. Ce mycélium donne d'abord des urédospores, également binucléées, qui servent à propager la maladie sur les Céréales. Il donne ensuite des téleutospores dans lesquelles les deux noyaux du dicaryon se fusionnent, comme DANGEARD et SAPPIN-TROUFFY l'ont établi dès 1893. Chaque cellule de la téleutospore, par suite de cette caryogamie, renferme donc un noyau diploïde, elle est rigoureusement l'équivalent d'une cellule diploïde d'une plante supérieure. En germant, cette cellule diploïde donne naissance à un organe spécial, la baside, où s'accomplit la réduction chromatique. Les quatre basidiospores que donne chaque baside n'ont donc, chacune, qu'un seul noyau à nombre de chromosomes réduit : ce sont des cellules haploïdes.

Les basidiospores du *Puccinia graminis* servent à infecter les feuilles de l'Epine-vinette, dans lesquelles se développe un mycélium à cellules uninucléées qui représente le stade haploïde du champignon. Ce mycélium haploïde produit, dans des pycnides, de petites cellules uninucléées, les pycnidiospores (pycnospores ou spermaties), longtemps considérées comme éléments non fonctionnels, spermaties ayant perdu leur rôle de gamètes mâles suivant l'opinion la plus couramment exprimée. Il produit, d'autre part, dans les écidies, des cellules binucléées ou écidiospores qui, biologiquement équivalentes aux urédospores, assurent à nouveau la contamination des céréales. Jusqu'en 1927, on admettait que ces écidiospores prenaient naissance à la suite de l'union de deux cellules voisines du même mycélium

haploïde, les noyaux restant distincts et groupés en un dicaryon. C'est à cette date que Craigie **(12-13)** a démontré expérimentalement que le *Puccinia graminis* et le *P. Helianthi* étaient en réalité des organismes hétérothalliques, c'est-à-dire des organismes où la plasmogamie ne pouvait se produire suivant le processus admis jusqu'alors et nécessitait l'entrée en jeu de cellules appartenant à deux thalles distincts. Rapidement, l'étude de la biologie de différentes espèces d'Urédinées, entreprise à la lumière des résultats obtenus par Craigie, a révélé la fréquence de l'hétérothallisme dans ce groupe de champignons. Les auteurs qui se sont récemment occupés de cette question sont ainsi amenés à considérer que la phase à dicaryon, réalisée à partir de la plasmogamie entre deux cellules d'origine différente, constitue une sorte de phase diploïde, deux noyaux sexuellement différents et porteurs, *à eux deux*, des paires de gènes allélomorphes qui s'étaient disjointes au moment de la formation des basidiospores, étant réunis dans la même cellule. On peut dire ainsi que le gamétophyte (phase haploïde) du *Puccinia graminis* vit sur des Berbéridacées et que son sporophyte (phase diploïde) vit sur des Graminées : ces deux phases du cycle évolutif auraient alors une importance à peu près égale. Il faut toutefois remarquer que le stade à dicaryon ne représente pas rigoureusement l'équivalent du sporophyte des végétaux supérieurs, car, même en considérant que ce groupe de deux noyaux associés possède une véritable unité, il n'est pas possible, dans l'état actuel de nos connaissances sur l'hérédité, de l'assimiler au noyau diploïde résultant de la caryogamie. Le terme de sporophyte, l'expression de phase diploïde, utilisés pour désigner la phase à dicaryon des Urédinées, sont d'un emploi commode, mais appellent donc quelques réserves de principes.

Les travaux relatifs à l'hétérothallisme des Urédinées sont d'ordre biologique, génétique et cytologique. C'est dans cet ordre qu'ils seront successivement exposés. Ils constituent un ensemble cohérent qui satisfait la logique de l'esprit, mais qui repose souvent sur des bases expérimentales d'interprétation délicate. La question ayant une importance phytopathologique de premier plan, il est donc désirable de la voir rapidement évoluer vers une solution précise et incontestable, sur laquelle les généticistes puissent asseoir solidement les bases de leurs recherches de variétés de plantes résistantes aux Rouilles.

PREUVES BIOLOGIQUES DE L'HETEROTHALLISME CHEZ LES UREDINEES

Les travaux de Craigie et ceux qui, à la suite de ses premières publications, ont été effectuées par d'autres auteurs, établissent dès à présent que les espèces suivantes d'Urédinées sont hétérothalliques :

Puccinia graminis **(13)**, *P. triticina* **(2)**, *P. coronata* **(14)**, *P. Helianthi* **(12)**, *P. Pringsheimiana* **(14)**, *P. Sorghi* **(19)**, *Uromyces appendiculatus* **(9)**, *U. Vignae* **(9)**, *Cronartium ribicola* **(28)**, *Melampsora lini* **(7)** et *Gymnosporangium* sp. (*G. corniculans ?*) **(14)**.

Pour toutes ces espèces, une tache résultant de l'infection de l'hôte écidien par une seule basidiospore (infection monosporidienne obtenue grâce à des artifices) ne donne naissance qu'à des pycnidiospores. La production de ces pycnidiospores se poursuit tant que le mycélium reste vivant. Mais un gamétophyte ainsi isolé ne produit pas d'écidies; il est incapable de régénérer le sporophyte.

Lorsque deux taches monosporidiennes deviennent confluentes, dans 50 pour cent des cas des écidies apparaissent au bout de 4 à 5 jours **(15)**. Il existe donc deux sortes de gamétophytes que l'on affecte des signes + et —. Le sporophyte ne se forme que si deux gamétophytes de signes contraires entrent en contact.

Le dépôt, à la surface d'une tache monosporidienne, de pycnidiospores prélevées sur une autre tache monosporidienne, provoque de même la formation d'écidies dans 50 pour 100 des cas **(15)**. En récoltant le nectar d'un grand nombre de taches monosporidiennes, le mélange de pycnidiospores ainsi obtenu fertilise toutes les taches monosporidiennes sur lesquelles on le dépose **(13, 15)**. Ce nectar perd toute activité par chauffage **(13, 15)** ou par filtration **(19)**. Ce sont donc bien les pycnidiospores vivantes qui interviennent. Les gamétophytes donnent par conséquent des pycnidiospores de même signe que le mycélium dont elles dérivent, et l'apport de pycnidiospores + sur un gamétophyte —, ou *vice versa*, suffit pour provoquer la formation d'écidies en moins de 5 jours.

A ces preuves formelles de l'hétérothallisme des espèces d'Urédinées précédemment citées, on peut ajouter quelques données complémentaires intéressantes.

Si le mélange de pycnidiospores + et — n'est déposé que sur une partie de la surface d'une tache monosporidienne, les écidies n'apparaissent que sur cette partie **(15)**.

Dans les espèces autoïques, une tache monosporidienne produit des écidies si un sore à urédospores se développe à son contact **(10)**. La fécondation du gamétophyte peut donc être assurée par le sporophyte. Des faits similaires ont été mis en évidence par Buller chez le *Coprinus lagopus* **(11)** et par Dodge chez un *Neurospora* (*Cf.* 7). Dans ces espèces de Champignons, la plasmogamie se traduit donc par la juxtaposition de deux noyaux de signes opposés, dont l'origine est très variable puisque l'un d'eux peut dériver aussi bien d'un sporophyte que d'un gamétophyte. Il est donc permis de supposer que, lorsque

deux taches monosporidiennes de signes opposés sont confluentes, l'union des mycélium permet à elle seule la formation des écidiospores. Mais, simultanément, les pycnidiospores des deux taches se mélangent et jouent sans doute le rôle essentiel.

Dans la nature, des insectes assurent le transport des pycnidiospores d'une tache à l'autre et permettent ainsi la formation des écidies. Sur des plantes enfermées dans une cage de tarlatane où volent des mouches, des écidies apparaissent progressivement sur toutes les taches monosporidiennes. Les Urédinées hétérothalliques sont donc des végétaux entomophiles, au même titre que beaucoup de Phanérogames.

Enfin, la formation des pycnidiospores et leur émission dans un liquide sucré cesse rapidement dès que les écidies se différencient, alors qu'elle se poursuit pendant plusieurs semaines si le gamétophyte n'est pas fertilisé. Au point de vue physiologique, le phénomène est comparable à la chute des pétales et aux transformations diverses des organes floraux accessoires qui, chez les Phanérogames, sont consécutives à la fécondation.

PREUVES GENETIQUES DE L'HETEROTHALLISME

Les travaux de ERIKSSON d'abord, de STAKMAN et de son école ensuite, ont montré qu'il existe un grand nombre de races au sein d'une même espèce d'Urédinée, le *Puccinia graminis* par exemple. Ces races diffèrent les unes des autres par tout un ensemble de caractères, ont chacune une constitution génotypique propre. Pratiquement, on les caractérise par leur virulence vis-à-vis de certaines espèces de Graminées ou de variétés déterminées de Céréales spécialement choisies; aussi, on les qualifie de races biologiques. La mise en évidence de l'hétérothallisme du *Puccinia graminis* a permis l'étude génétique des races biologiques que renferme cette espèce et, par voie de conséquence, des points importants relatifs à l'hétérothallisme ont été ainsi élucidés.

En déposant sur une tache monosporidienne des pycnidiospores prélevées sur des taches obtenues à partie de basidiospores appartenant à la même race biologique, on réalise une sorte d'autofécondation. L'hybridation se fait aussi simplement, en mettant des pycnidiospores d'une race biologique sur une tache monosporidienne d'une autre race. Autofécondation et hybridation, dans le sens qui vient d'être défini, sont également possibles chez le *Puccinia graminis* **(21, 22, 24, 25, 26, 27, 30, 31)** et sans doute aussi chez le *P. triticina* **(33)**.

Par autofécondation, quelques races seulement conservent leur virulence spécifique. Dans la majorité des cas, on obtient en mélange des écidiospores appartenant à plusieurs races biologiques **(24)**. La plupart des races du *Puccinia graminis* seraient donc hétérozygotes et on réalise dans les écidiospores de nouvelles combinaisons des gènes allélomorphes qui s'étaient disjoints lors de la formation des basidiospores. Chaque écidiospore renferme par conséquent un noyau de chacun des deux gamétophytes qui ont servi à la fécondation : l'un vient du mycélium de la tache monosporidienne et l'autre des pycnidiospores qui ont été déposées sur cette tache.

Le croisement de deux races biologiques donne en F^1 une ou plusieurs races biologiques qui diffèrent des parents **(25** et **27)**, les races croisées étant souvent hétérozygotes et la virulence conditionnée par plusieurs gènes à la fois. En outre, le croisement réciproque entre deux gamétophytes déterminés A et B ne donne pas rigoureusement le même résultat. En F^1, $A \times B$ est différent de $B \times A$. Les pycnidiospores n'équivalent donc pas à une cellule du mycélium du gamétophyte dont elles dérivent. Leur pauvreté en cytoplasme en serait la raison et la virulence serait, en partie, sous la dépendance de facteurs héréditaires transmis par le cytoplasme. Les différences dans leur virulence que montrent en F^1 les hybrides réciproques $A \times B$ et $B \times A$ se retrouvent, identiques, dans les F^2 et les F^3 obtenus par autofécondation à partir des F^1. Les Urédinées fourniraient donc des exemples précis d'hérédité cytoplasmique **(25, 26, 27)**.

Enfin, les écidiospores d'une même écidie appartiennent en général à la même race biologique, dérivent par conséquent toutes d'une seule fécondation. Les écidies d'une même tache diffèrent par contre les unes des autres au point de vue génétique; elles ont donc à leur origine des fécondations distinctes **(24)**.

DONNEES CYTOLOGIQUES

Pour interpréter l'ensemble des résultats expérimentaux précédents, il faut admettre que le dicaryon du sporophyte est formé de deux noyaux qui ne sont pas rigoureusement équivalents l'un à l'autre. L'un dérive d'un gamétophyte + et l'autre d'un gamétophyte —. Ils sont chacun les descendants d'une basidiospore + et d'une basidiospore —. Dans la plupart des cas, les races biologiques étant hétérozygotes, ils sont en outre génétiquement différents, porteurs, l'un du gène dominant, l'autre de l'allélomorphe récessif.

L'un quelconque de ces deux noyaux dérive toujours directement d'une cellule mycélienne du gamétophyte. L'autre descend en général

du noyau d'une pycnidiospore produite par un gamétophyte de signe opposé. Mais l'intervention d'une pycnidiospore n'est pas obligatoire. Le deuxième noyau peut être apporté par une cellule diploïde de la même espèce et, sans doute aussi, par un mycélium haploïde de signe opposé au premier.

L'étude cytologique des Urédinées hétérothalliques a été faite en fonction de ces données biologiques et génétiques.

ANDRUS **(9)** arrive à la conclusion que les fusions entre deux cellules du gamétophyte, qui ont été si généralement observées dans les jeunes écidies, ne doivent pas être toujours interprétées comme des phénomènes de plasmogamie. Chez l'*Uromyces appendiculatus* et chez l'*U. Vignae* au moins, ce ne serait que de simples phénomènes végétatifs.

Ces fusions seraient d'autre part moins communes qu'on ne l'a admis, et on aurait parfois interprété comme telles des figures que ANDRUS estime de nature toute différente.

Les recherches cytologiques récentes qui ont été consacrées à l'étude du mécanisme de la plasmogamie chez les Urédinées hétérothalliques n'ont pas fourni de résultats concordants et il n'est pas encore possible de préciser les modalités du phénomène dans tous ses détails.

ALLEN **(7)**, étudiant le *Melampsora lini*, estime que les pycnidiospores, déposées sur une tache monosporidienne où vit un mycélium haploïde de signe opposé, germent et donnent des filaments mycéliens haploïdes. Ces filaments, très fins d'abord, acquièrent bientôt les caractères du mycélium haploïde issu des basidiospores auprès duquel ils se développent. Dans les jeunes écidies, la plasmogamie se produit entre deux cellules contiguës d'origine différente, qui renferment donc des noyaux de signes opposés.

Cette opinion, basée sur des observations délicates à interpréter, a l'avantage d'être en accord avec toutes les données antérieures touchant les fusions cellulaires qui précéderaient la formation des écidies. Elle fait état de la germination des pycnidiospores qui a été souvent signalée (*Cf.* **15**). Mais, comme les pycnidiospores sont incapables d'infecter une feuille saine, il faut supposer que le mycélium qu'elles donnent est, en partie au moins, sous la dépendance du mycélium préexistant. Son développement serait d'autre part excessivement rapide, puisque 24 heures seulement après l'apport de pycnidiospores on trouve des initiales d'écidiospores en voie de division.

HANNA **(29)**, dès 1929, étudiant le *Puccinia graminis*, avait donné cette même interprétation. ALLEN **(1, 6)**, dans la même espèce, n'a pu retrouver des fusions cellulaires à l'origine des écidies et ces deux

auteurs sont donc en désaccord sur le mécanisme de la plasmogamie chez le *Puccinia graminis*.

ANDRUS **(9)**, ALLEN, pour toutes les espèces qu'elle a examinées autres que le *Melampsora lini* **(2, 3, 6, 8)**, CRAIGIE **(15, 16)** et PIERSON **(28)** donnent, de la plasmogamie, une description bien différente. Du mycélium haploïde intercellulaire se détachent des ramifications qui sortent à travers l'ostiole des stomates ou traversent directement l'épiderme. Elles restent parfois localisées dans les cellules épidermiques ou dans la chambre sous-stomatique. Elles peuvent aussi se développer parmi les paraphyses des pycnides. ANDRUS **(9)** les assimile à des trichogynes. Mais les relations morphologiques entre ces filaments et les cellules qui, après fécondation, fonctionneront comme initiales des écidiospores, sont trop indirectes pour que cette assimilation s'impose. Aussi, ils sont habituellement désignés sous le nom de filaments réceptifs. C'est en effet avec ces filaments que se fusionnent les pycnidiospores, directement ou par l'intermédiaire d'un tube de germination. C'est donc, pour ANDRUS, ALLEN, CRAIGIE et PIERSON, dans ces filaments réceptifs que se produit véritablement le premier dicaryon.

Après avoir pénétré dans un filament réceptif, le noyau de la pycnidiospore subirait rapidement des divisions répétées. Les noyaux qui en résultent se déplaceraient le long du mycélium, en traverseraient les cloisons transversales et se juxtaposeraient de proche en proche aux noyaux préexistants. Ce processus serait très rapide, puisque 24 heures seulement après l'apport de pycnidiospores, 60 % des cellules du mycélium du *P. Sorghi* sont pourvues d'un dicaryon **(8)**.

Les migrations de noyaux à travers les cloisons transversales du mycélium haploïde des Urédinées ont été saisies depuis longtemps (*Cf.* **9**) et un processus identique de diploïdisation a été récemment décrit par BULLER **(11)** dans le mycélium de certains Hyménomycètes. La réalité de ce processus chez les Urédinées est donc considérée comme très vraisemblable.

ALLEN estime, en outre, qu'il se produit parallèlement un développement rapide de filaments mycéliens diploïdes à partir de la cellule où s'est produite la fécondation. Ces filaments donneraient directement naissance à des écidies.

Si précises et si bien conduites qu'aient été jusqu'ici les observations cytologiques, l'interprétation des figures est pour une bonne part encore subjective et les résultats obtenus ne permettent pas de décrire sans réserves, chez les Urédinées hétérothalliques, le ou les processus de la plasmogamie et de la transformation du mycélium haploïde en mycélium à dicaryons, générateur des écidiospores. De

nombreuses recherches sont encore nécessaires avant qu'une vue d'ensemble sur ce sujet ne se dégage clairement. Il reste d'autre part à établir si, dans l'ordre des Urédinales, l'hétérothallisme est la règle ou l'exception. Il est au moins permis de supposer dès à présent que les espèces hétérothalliques doivent être très nombreuses, puisque toutes celles qui ont été expérimentalement étudiées à cette fin se sont révélées telles. La solution du problème posé n'en est donc qu'à ses débuts.

CONCLUSIONS

La question de l'hétérothallisme chez les Urédinées intéresse autant la Science pure que la Science appliquée, la Mycologie que la Phytopathologie.

Importance mycologique. — Jusqu'en 1927, les pycnidiospores des Urédinées ont été tenues pour des éléments non fonctionnels. Elles ont pourtant été toujours considérées comme des organes très significatifs au point de vue de la phylogénie des Urédinées en particulier et des Champignons en général. Les Urédinées représentent en effet un groupe de végétaux qui n'a peut-être subi que des variations peu marquées au cours des ères géologiques puisqu'on trouve, dès le Silurien, des téleutospores typiques. La détermination exacte du rôle des pycnidiospores constitue donc un élément d'appréciation rigoureusement indispensable pour donner une base suffisante aux déductions phylogéniques qui reposent sur les analogies de forme ou de fonction entre pycnidiospores, oïdies et spermaties des Champignons et des Algues.

Importance phytopathologique. — La connaissance du mode de développement hétérothallique des espèces d'Urédinées qui, telles que le *Puccinia graminis*, sont des parasites dangereux des plantes cultivées, a permis d'aborder avec succès l'étude génétique de ces parasites. On a pu ainsi mettre en évidence le rôle jusqu'ici insoupçonné des hôtes écidiens sur lesquels prennent naissance, par ségrégation ou hybridation, des races biologiques nouvelles. En l'absence d'hôtes écidiens, une rouille hétéroïque telle que le *Puccinia graminis* est comparable à une plante supérieure multipliée par voie asexuée, ses urédospores n'étant que des fragments du sporophyte. Elle reste identique à elle-même, ses races représentant de véritables clones. Seules des mutations somatiques peuvent affecter sa stabilité génétique. La présence de l'hôte écidien permet au contraire la multiplication par voie sexuée. Les races biologiques étant hétérozygotes, l'autoféconda-

tion et l'hybridation, en combinant de nouvelles manières les gènes allélomorphes, sont par conséquent génératrices de races biologiques. Les écidiospores ne reproduisent pas plus la race biologique dont elles sont issues que les graines des Arbres fruitiers ne reproduisent la variété qui les a produites. Or, la lutte contre les plus dangereuses des Urédinées est avant tout basée sur la recherche de variétés résistantes des plantes parasitées. En l'absence d'hôtes écidiens, les Stations de génétique travaillent toujours en face des mêmes races biologiques. Il en est tout autrement là où existent les hôtes écidiens. Les changements incessants qui s'y produisent dans la nature des races biologiques rendent la tâche de ces Stations particulièrement difficile et déjouent à chaque instant leurs efforts.

BIBLIOGRAPHIE

1 — Allen (R. F.). — A cytological study of heterothallism in *Puccinia graminis* (*Journ. of Agric. Research*, 40, p. 585-614, 17 pl., 1930).

2 — Allen (R. F.). — A cytological study of heterothallism in *Puccinia triticina* (*Journ. of. Agric. Research*, 44, p. 735-754, 11 pl., 1932).

3 — Allen (R. F.). — A cytological study of heterothallism in *Puccinia coronata* (*Journ. of Agric. Research*, 45, p. 513-541, 16 pl., 1932).

4 — Allen (R. F.). — The spermatia of Flax rust, *Melampsora lini* (*Phytopathology*, 23, p. 487, 1933).

5 — Allen (R. F.). — The spermatia of Corn rust, *Puccinia Sorghi* (*Phytopathology*, 23, p. 923-925, 1933).

6 — Allen (R. F.). — Further cytological studies of heterothallism in *Puccinia graminis* (*Journ. of Agric. Research*, 47, p. 1-16, 6 pl. 1933).

7 — Allen (R. F.). — A cytological study of heterothallism in Flax rust (*Journ. of Agric. Research*, 49, p. 765-791, 13 pl. 1934).

8 — Allen (R. F.). — A cytological study of Heterothallism in *Puccinia Sorghi* (*Journ. of Agric. Research*, 49, p. 1047-1068, 7 pl., Bibl., 1934).

9 — Andrus (C. F.). — The mechanism of sex in *Uromyces appendiculatus* and *U. Vignae* (*Journ. of Agric. Research*, 42, p. 559-587, 11 fig., 1931).

10 — Brown (A. M.). — Diploidisation of haploid by diploid mycelium of *Puccinia helianthi* Schw. (*Nature*, 130, p. 777-778, 1932).

11 — Buller (A. H. R.). — Research on fungi. IV. Further observations on the coprini together with some investigations on social organisation and sex in the hymenomycetes, 329 p., Toronto — London, 1931.

12 — Craigie (J. H.). — Experiments on sex in rust fungi (*Nature*, 120, p. 116-117, 1927).

13 — Craigie (J. H.). — Discovery of the function of the pycnia of the rust fungi (*Nature*, 120, p. 765-767, 1927).

14 — Craigie (J. H.). — On the occurence of pycnia and aecia in certain rust fungi (*Phytopathology*, 18, p. 1005-1015, 1928).

15 — Craigie (J. H.). — An experimental investigation of sex in the rust fungi (*Phytopathology*, 21, p. 1001-1040, Bibl., 1931).

16 — Craigie (J. H.). — Union of pycniospores and haploid hyphae in *Puccinia Helianthi* Schw. (*Nature*, 131, p. 25-26, 1 fig., 1933).

17 — Gaümann. — Vergleichende Morphologie der Pilze, 626 p., 398 fig., Jena, 1926.

18 — Guilliermond (A), Mangenot (G.) et Plantefol (L.). — Traité de cytologie végétale, Paris, 1933.

19 — Cummins (G. B.). — Heterothallism in Corn rust and effect of filtering the pycnial exudate. (*Phytopathology*, 21, p. 751-753, 1931).

20 Hanna (W. F.). — Nuclear association in the aecium of *Puccinia graminis* (*Nature*, 124, p. 267, 1929).

21 — Johnson (T.), Newton (M.) and Brown (A. M.). — Further studies in the inheritance of spore colour and pathogenicity in crosses between physiologic forms of *Puccinia gráminis tritici* (*Scient. Agric.*, 14, p. 360-373, 1934).

22 — Levine (M. N.) and Cotter (R. U.). — A synthetic production of *Puccinia graminis hordei* F. and J. (*Phytopatology*, 21, p. 107, 1931).

23 — Mc. Donald (J.). — Two new records of physiologic forms of wheat stem rust in Kenya colony (*Trans. of the British Myc.*, 18, p. 218-222, 1933).

24 — Newton (M.), Johnson (T.) and Brown (A. M.). — A preliminary study of hybridization of physiologic forms of *Puccinia graminis tritici* (*Scient. Agric.*, 10, p. 721-731, 4 fig., 1930).

25 — Newton (M.), Johnson (T.) and Brown (A. M.). — A study of inheritance of spore colour and pathogenicity in crosses between physiologic forms of *Puccinia graminis tritici* (*Scient. Agric.*, 10, p. 775-798, 1930).

26 — Newton (M.) and Johnson (T.). — Hybridization between *Puccinia graminis tritici* and *Puccinia graminis secalis* (*Phytopathology*, 21, p. 106-107, 1931).

27 — Newton (M.) and Johnson (T.). — Specialisation and hybridization of wheat stem rust, *Puccinia graminis tritici*, in Canada (*Dep. of Agric. Canada*, *Bul.* n° 160, 160 p., 28 fig., Bibl., 1932).

28 — Pierson (R. K.). — Fusion of pycniospores with filamentous hyphae in the white pine blister rust (*Nature*, 131, p. 728-729, 1933).

28 bis — Reed (G. M.). — Physiologic specialization of the parasitic fungi (*Brocklyn Bot. Garden, Contrib.* n° 71, 1935 et *Bot. Rev.*, 1, p. 119-137, 1935).

29 — Rice (M. A.). — Reproduction in the rusts (*Bul. Torrey Bot. Club*, 60, p. 23-54, 1932).

30 — Stakman (E. C.)., Levine (M. N.) and Cotter (R. U.). — Origin of physiologic forms of *Puccinia graminis* through hybridization and mutation (*Scient. Agric.*, 10, p. 707-720, 1930).

31 — Stakman (E. C.). — Relation of Barbarry to the origin and persistence of physiologic forms of *Puccinia graminis* (*Journ. of Agric. Research*, 48, p. 953-969, 1934).

32 — Waterhouse (W. L.). — A preliminary account of the origin of two new australian physiologic forms of *Puccinia graminis tritici* (*Proc. of the Linn. Soc. of N. S. Wales*, 54, p. 96-106, 1929).

33 — Waterhouse (W. L.). — On the production in Australia of two physiologic forms of rust of wheat, *Puccinia triticina*, Eriksson (*Proc. of the Linn. Soc. of N. S. Wales*, 57, p. 92-94, 1932).

TH. PAGLIANO

LES PARASITES ANIMAUX DES CÉRÉALES

SOMMAIRE

LES PARASITES ANIMAUX DES CÉRÉALES

INTRODUCTION

Si la vigne et les cultures maraîchères n'alimentent que de rares insectes, les cultures fruitières, les céréales et les grains récoltés subissent, en revanche, l'assaut de la plupart des parasites connus. De plus, les facteurs favorables à leur évolution se conjuguent admirablement sous notre climat pour faciliter leur multiplication et pour déclencher, en l'absence de toute défense organisée, des attaques dangereuses ayant une répercussion profonde sur l'avenir économique du pays.

Le simple fait de signaler les dégâts des vers blancs, les désastres — et particulièrement ceux de la campagne agricole 1932-1933 — provoqués par la Cécidomyie destructive et les pertes imputables aux Calandres et aux Teignes dans les silos, suffit pour rendre intéressantes toute tentative de lutte en vue de limiter les dégâts des espèces les plus redoutées et toute mise au point concernant l'étude des espèces présentant, actuellement, un danger moindre.

Certaines méthodes de défense exposées dans ce travail — qui reproduit le cours professé aux élèves de l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis — sont mondialement connues; quelques procédés de lutte, issus de recherches nord-africaines, donnent, comme les précédents, ample satisfaction; souvent, enfin, une note personnelle, jetée sur l'ensemble, donne un cachet nord-africain ou plutôt tunisien incontestable.

Si l'énumération des parasites exclusivement tunisiens, exposés dans les divers chapitres, est incomplète, et si, parfois, quelques insectes étrangers y prennent place, il faut néanmoins voir dans ce travail, aussi poussé que possible lorsqu'il s'agit d'espèces réellement dangereuses, une réunion de faits mettant en relief et les faisant jouer entre elles les questions parasitaires en général et jetant par surcroît un peu plus de clarté sur celles concernant la Tunisie au sujet desquelles aucun travail d'ensemble ou de compilation n'a été fait.

C'est, en d'autres termes, un travail de vulgarisation, spécifiquement tunisien pour quelques parasites et nord-africain pour les autres, qui s'appuie sur les données générales présentées par cette science relativement jeune désignée sous le nom de Parasitologie agricole.

LES INSECTES DES CÉRÉALES SUR PIED

THYSANOPTERES OU PHYSAPODES

On réunit dans cet Ordre un assez grand nombre d'espèces dont les caractéristiques (pièces buccales, position des antennes, prothorax, système nerveux, cycle évolutif, etc.) les rapprochent des Orthoptères ou des Hémiptères et, souvent, des deux à la fois.

La plupart, représentées dans toutes les régions du globe, sont vulgairement désignées sous le nom de *Thrips* et, dans certaines contrées, sous celui de « bêtes à orages », les adultes, par temps orageux et chaud, se plaquant sur les mains et le visage et produisant une irritation des plus désagréables.

Description. — Adultes mesurant un à deux millimètres de longueur; corps en forme de navette aplatie; bouche asymétrique conformée pour la mastication et la succion; quatre ailes étroites, ciliées, posées à plat et légèrement croisées pendant le repos (quelques espèces sont aptères); pattes antérieures courtes, postérieures assez longues, monomères ou dimères, terminées par une cloche ou ventouse adhésive (Pl. VI, fig. 12).

Larves ressemblant, abstraction faite des ailes, aux adultes.

Biologie générale. — Au point de vue évolutif, les Thrips sont comparables aux Aphidiens : la ponte (20 à 100 petits œufs faiblement protégés), déposée sous les feuilles ou dans les inflorescences, libère des larves subissant quatre ou cinq mues et donnant des mâles moins nombreux que les femelles. Plusieurs générations s'échelonnent au cours de l'année et, parfois, laissent place à des individus parthénogénétiques.

Quelques-uns, vivant aux dépens de la carie du blé, des œufs de cécidomyies ou de curculionides, sont auxiliaires de l'agriculteur.

Les autres se posent sur les plantes les plus diverses et souvent se nourrissent de plusieurs végétaux, peu importe le degré de parenté qui les distingue.

Leur rôle calamiteux est parfois manifeste : le Thrips des serres supprime la floraison des Glauxinia; celui des vergers a mis les arboriculteurs californiens dans l'obligation d'abattre les poiriers; ceux du citronnier, du figuier, du lin, de l'olivier, des pois, du tabac et de l'oignon sont également redoutés; enfin, ils peuvent véhiculer et inoculer aux plantes les germes de maladies microbiennes.

Les Thrips des céréales. — Plusieurs genres et espèces de Physapodes s'installent sur les céréales, se fixant soit dans les feuilles engaînantes, soit sur l'épi au moment de la floraison.

En Europe, *Limothrips denticornis* Haliday est nuisible à diverses graminées spontanées, au Seigle, à l'Orge et au Blé : le Thrips passe alternativement sur l'une ou l'autre graminée, les céréales étant parasitées au printemps. C'est le Thrips des gaînes et des épis.

En Egypte, F.C. WILLCOCKS signale *L. cerealium* Hal. sur les épis. Le mode de vie et les altérations commises le rapprochent du précédent.

Haplothrips aculeatus Fabr. vit dans les épis, pique les ovaires et peut provoquer l'atrophie des fleurs. Les épis prennent une couleur blanchâtre, se courbent ou se coudent et leur production est à peu près nulle. Les grains laiteux et pâteux sont également exploités.

En Tunisie, les dégâts des Thrips ne sont qu'exceptionnellement pris en considération. L'insecte est pourtant commun sur une foule de plantes (graminées et composées notamment), qui poussent en bordure ou dans les parcelles à céréales.

Leur passage sur le blé semble exclusivement dicté par le choix alimentaire, les Thrips trouvant dans les épis ou les gaînes une nourriture tendre, aisément accessible et enveloppée par surcroît de feuillets protecteurs, le tout constituant des circonstances favorables au maintien et à la propagation des espèces jusqu'à la moisson, alors que les plantes spontanées ont disparu.

Les pièces buccales si caractéristiques de cet insecte mordillent ou lacèrent les tissus et en font sourdre des gouttelettes séveuses qu'elles aspirent : les fleurs avortent, les grains à peine formés sont évidés, atrophiés ou racornis.

Dans les cas les plus graves, deux à quatre grains manquent à l'extrémité de l'épi; parfois, ils sont simplement petits, légers et ridés; plusieurs piqûres et morsures de l'axe en provoquent le fléchissement, la cassure et la chute.

Mais, dans l'ensemble, le degré parasitaire est rarement d'un ordre élevé et aucune mesure spéciale ne semble devoir être envisagée contre les Thysanoptères tunisiens.

Les Thrips subissent deux périodes de repos inégalement prolongées : ils estivent dans les éteules et hivernent sur les jeunes plants; ils sont actifs dès la levée et dangereux dès la formation des grains.

Moyens de lutte. — Incinérer les chaumes, c'est détruire la forme estivante (H. Gondé, Popovic, Cipaiame, etc.).

Effectuer un gros labour d'été c'est enfouir et retenir mécaniquement les adultes remis en activité par les pluies et la tiédeur automnales (Franck, Kvichner et Seelhorst).

Alterner les cultures c'est éloigner le déprédateur; les jachères nues l'affament.

Cultiver des variétés précoces c'est organiser une lutte de vitesse entre la formation des grains et l'émigration des Thrips, les grains bien formés opposant à l'insecte une résistance mécanique appréciable.

HEMIPTERES OU RHYNCHOTES

Dans ce groupe prennent place, caractérisés surtout par leurs pièces buccales, des insectes assez dissemblables vulgairement désignés sous le nom de punaises, cigales, pucerons et cochenilles.

Au point de vue alimentaire, les Rhynchotes sont carnassiers, phytophages ou omnivores, autrement dits utiles, nuisibles ou indifférents.

Parmi les genres utiles à divers points de vue, il convient de citer : *Picromerus*, qui chasse les chenilles du chou; *Zicrona*, grand destructeur d'altises; *Calocoris* et *Anthocoris*, qui paraissent vivre de pucerons; *Ploeria*, qui ressemble aux Tipules et qui, armé de pattes ravisseuses, capture toutes sortes de Diptères; *Emarsia*, nocturne, se nourrit de moustiques.

Quelques genres carnassiers sont dangereux ou incommodes, les réduves et la punaise des lits en particulier.

Le degré de nocivité des espèces phytophages est fréquemment d'un ordre élevé : les pucerons et les cochenilles, par exemple, si communs en Tunisie, inquiètent à juste titre arboriculteurs et maraîchers.

Les céréales accueillent un assez grand nombre de Rhynchotes appartenant aux deux principales subdivisions de cet ordre : hétéroptères et homoptères.

HETEROPTERES

Ce groupe réunit les Rynchotes dont les ailes antérieures ou hémélytres sont cornées à la base, membraneuses à l'extrémité, généralement posées à plat au repos; parfois réduites ou absentes. Ailes inférieures membraneuses.

LES PUNAISES DU BLE

Elles appartiennent surtout aux genres *Eurygaster* et *Ælia.*

Eurygaster, dont l'espèce *intergriceps* s'est révélée dangereuse en Syrie, est représentée par *E. Maurus* L. en Tunisie. En Algérie et au Maroc on signale en outre *E. hottentus* F., *meridionalis* et surtout *austriaca.*

Ælia et ses différentes espèces ont semé le désarroi chez les producteurs marocains en 1933. On les reconnaît à leur taille (10 à 12^{cm}) et à leur coloration fauve rehaussée par des bandes longitudinales brunes et par une ligne médiane blanche (Pl. VI, fig. 14).

Ælia acuminata, *punctata*, *rostrata*, *cognata*, etc., sont plus ou moins communes sur le littoral méditerranéen. *Æ. rostrata* est assez fréquemment capturée en Tunisie et en Algérie; *Æ. acuminata* en Italie et en Grèce.

En Algérie, *Æ. cognata* vit aux dépens de l'alfa des Hauts-Plateaux. Elle envahit les céréales des plaines lorsque la nourriture habituelle fait défaut. Les Arabes la redoutent et la surnomment « Oum tabag » ou mère de la calamité.

Æ. triticiperda, très abondante au Maroc, a fait l'objet d'une étude spéciale par Jourdan et par Miège.

Biologie de Ælia triticiperda. — L'œuf est cylindrique, blanc, finement échiné et la ponte est formée de deux files de six œufs chacune, posées sur les feuilles et les tiges des céréales, des plantes adventices, du chiendent en particulier et même sur les mottes ou dans les crevasses du sol. La femelle dépose 60 à 400 œufs.

Après une incubation de courte durée (une semaine environ), les jeunes larves soulèvent une sorte d'opercule et partent aussitôt à la recherche de leur nourriture. Elles subissent cinq mues et atteignent près de 1 cm. de longueur.

Il y a une génération de printemps qui évolue en avril, mai, juin

et une génération d'hiver qui naît après les moissons et qui, de ce fait, n'est qu'exceptionnellement nuisible aux céréales.

Avec les premiers froids, les adultes recherchent les abris naturels et l'observateur les retrouve à la base des chaumes, sous les mottes, la paille et débris de toute sorte.

Les dégâts sont parfois importants sur le Blé, l'Orge et l'Avoine. Les punaises piquent les feuilles et les grains; elles aspirent le suc des grains laiteux, après avoir au préalable injecté une sécrétion salivaire en vue de rendre facilement absorbables les principes nutritifs azotés, aliments particulièrement recherchés. La tige principale est fréquemment piquée au-dessous de l'épi qui peut tomber. Les feuilles assurent le complément indispensable exigé par les larves et les adultes. Au cours de l'été, l'adulte peut piquer les blés en meules et le chiendent.

Au Maroc, au cours d'une récente attaque, on a compté jusqu'à 40 parasites par épi.

En Tunisie, au contraire, on ne les capturait que de temps à autre et il semble bien que le parasitisme s'avère de plus en plus dangereux.

Tout grain piqué est blanchâtre, ridé, déformé, léger.

Les punaises absorbent du gluten en plus ou moins grande quantité, mais respectent l'amidon. Les cellules à aleurone sont vidées, altérées. Les grains peuvent perdre 50 % et au delà de leur gluten.

En outre, le poids spécifique tombe à 60 et même à 50.

Les blés récoltés et mis en meules peuvent alimenter les adultes, mais ceux-ci réclament toujours une nourriture verte et aqueuse.

La valeur boulangère des blés punaisés est altérée. A l'extensimètre Chopin on ne peut souvent obtenir de pâton et le W tombe parfois à zéro.

Mélangées à des farines saines, celles provenant de blés punaisés abaissent le W global dans des proportions inquiétantes.

Miège rapporte que l'addition de 10 % de farine punaisée à une bonne farine (variété 284) abaisse le W de 70 %; si on double la dose, le W est diminué de 89 % et si on ajoute 25 % de farine altérée par les punaises la réduction du W est voisine de 100 %.

Malenotti et divers auteurs sont d'accord sur ces faits et, avec Bœuf et Matweff, mettent en ligne des diastases protéolytiques qui liquéfient le gluten au point de rendre impossible toute panification normale.

Parasites. — Au Maroc, JOURDAN signale :

Microphanurus qui évolue dans l'œuf et *Gymnosoma rotundatum* dont la larve vit dans la cavité abdominale de la punaise.

Moyens de lutte. — On a recommandé, en Algérie, la capture des larves au filet. Un homme peut traiter quelques hectares par jour.

MALENOTTI recommande le filet ou des collecteurs portés ou montés sur roues.

Il faut également incinérer ou brûler les chaumes et effectuer des labours d'été pour affamer les adultes.

Utilisation des blés punaisés. — Quoique leur énergie germinative soit affaiblie, les blés punaisés peuvent être utilisés comme semences, pour l'alimentation du bétail ou par certaines industries, amidonnerie, distillerie, etc...

HOMOPTERES

Ailes antérieures de consistance uniforme (cornées ou membraneuses) inclinées en forme de toit; parfois absentes. Il existe divers sous-ordres et groupes : cigales, psylles, pucerons, aleurodes et cochenilles.

Généralités sur les pucerons. — La description et le mode de vie des pucerons sont connus :

Petite taille; 9 segments abdominaux munis, en général, de cornicules; corps parfois couvert d'une substance cireuse; sécrètent souvent un liquide douceâtre exploité par les fourmis;

Individus sexués ou parthénogénétiques aptères ou ailés; jouissent d'une incroyable fécondité : la descendance annuelle d'une fondatrice peut être représentée par un chiffre suivi de 40 autres. La parthénogénèse favorise cette multiplication et l'ovoviviparité en accélère la vitesse;

Quelques pucerons sont gallicoles; la plupart vivent à l'air libre ou dans le sol, sur les racines; les gallicoles ont toujours une ou plusieurs formes aériennes;

Les œufs d'hiver libèrent les fondatrices qui, par parthénogénèse, lancent sur les végétaux des femelles également parthénogénétiques, ovipares ou ovovivipares, aptères ou ailées; en automne apparaissent les sexupares desquels dérivent les sexués qui fermeront le cycle avec le dépôt de l'œuf d'hiver;

Les femelles parthénogénétiques ailées disséminent l'espèce : c'est la forme migrante ou émigrante qui recherche la même plante ou un

végétal intermédiaire et, dans ce dernier cas, sa descendance est désignée sous le nom d'exilée, l'exil étant parfois obligatoire;

Les pucerons exilés se reproduisent par voie asexuée à une ou plusieurs reprises et souvent pendant plusieurs années, mais les sexupares reviennent toujours au végétal point de départ (Pl. VI, fig. 10).

LE PUCERON DE DJERADOU

(*Pemphigella Paglianoi* Gaumont)

L. Gaumont a rattaché au genre *Pemphigella* Tüll. un puceron radicicole autrefois abondant dans la région de Djeradou (Tunisie) sous sa forme aptère exilée, l'ailé vivant sans doute sur les arbustes des zones non défrichées, térébinthes ou lentisques. La forme ailée, non retrouvée, permettrait une détermination définitive et rangerait probablement le Puceron de Djeradou à côté de *Pemphigella cornicularia* Pass. formant des galles sur les térébinthes ou de *Aploneura lentisci* Pass. des lentisques (Pl. VI, fig. 15).

Quoi qu'il soit, cette forme, assez commune dans plusieurs localités de la Régence, est susceptible d'entraver le développement des céréales et d'avoir une répercussion économique profonde dans les régions récemment défrichées et livrées à la culture de l'Orge.

Pemphigella trahit sa présence par des dépérissements comparables à ceux de la cécidomyie destructive, des taupins ou des vers blancs : larges plages clairsemées, végétation manquant de vigueur, plantes spontanées masquant les dégâts à partir de février-mars.

La description suivante ne laisse aucun doute sur les possibilités parasitaires de ce puceron hypogée :

« En 1927, près de Djeradou, 40 hectares sont dépouillés de toute végétation. Un observateur non averti, visitant la parcelle en janvier, ne peut dire si elle est en jachère ou si elle a été ensemencée ou détruite par un parasite. Quelques plants desséchés et régulièrement alignés plaident cependant en faveur des semailles. »

Le puceron se fixe sur les racines de tout âge, mais ses colonies se tiennent aussi rapprochées que possible de la base des chaumes. Il se multiplie activement dès la levée, en automne, jusqu'à la récolte.

Ses colonies, denses ou éparses, forment souvent de véritables grappes d'un blanc bleuté et, dans l'entremêlement des filaments et des mèches de nature cireuse, se meuvent, lentement, larves et adultes. Le feutrage qui les recouvre permet une facile et rapide détermination.

Débarrassé de sa sécrétion cireuse, le puceron de Djeradou est blanc-jaunâtre et mesure un peu plus de 2 millimètres.

Plantes attaquées. — *Pemphigella* est apparemment un parasite de l'Orge. Cependant, toutes les céréales l'alimentent et les plantes spontanées les plus diverses n'en sont pas indemnes.

Il y a, dans le cas de ce puceron, des exemples d'adaptation progressive intéressants à signaler :

Commun dans les terres en friche, où presque toutes les racines le nourrissent, *Pemphigella* se trouve brusquement en présence, après mise en culture, de céréales : Blé, Orge ou Avoine. Sa polyphagie disparaît pour réapparaître graduellement. Au début, seules les racines de l'Orge lui conviennent : l'adaptation est immédiate; puis, après plusieurs années, et par le simple jeu des assolements, le puceron s'adapte à l'Avoine et au Blé, à diverses graminées spontanées et à beaucoup de plantes cultivées ou souvages.

Toutefois, l'Orge reste, surtout dans les régions sèches du Centre et du Sud — et un peu partout lorsque l'index pluviométrique est déficitaire — sa plante de prédilection.

Aussi, les observations suivantes sont-elles fréquentes dans les propriétés du Centre de la Tunisie :

a) les plants d'Orge, dispersés dans les champs de Blé, alimentent des pucerons; le Blé est indemne;

b) dans les parcelles d'Avoine, seules les racines des diverses variétés d'Orge (semis spontanés) sont atteintes;

c) dans le cas de parcelles placées côte à côte, le Blé est respecté, l'Orge est parasitée : la ligne de démarcation est très nette;

d) les graminées sauvages et autres plantes spontanées sont à l'abri du puceron.

Dans le Nord, le puceron, dont les dégâts sont peu sensibles, attaque toutes les céréales et quelques plantes communes des jachères et des fossés.

Action du milieu. — La pluviométrie et les façons culturales augmentent le degré de résistance du végétal. La nature du sol intervient dans la propagation de l'espèce et joue son rôle habituel vis-à-vis de la plante.

Toute zone inondée (bas-fonds, fossés dans lesquels peuvent se trouver quelques céréales, cuvettes, etc.) est généralement indemne de parasites radiculaires (asphyxie).

En résumé : *Pemphigella* est dangereux dans les zones nouvelle-

ment défrichées et dans les terres fortes à pluviométrie automnale tardive ou insuffisante.

Moyens de lutte. — Atténuer le parasitisme en donnant de la vigueur aux céréales.

Eloigner le parasitisme en évitant, pendant quelques années, la culture de l'Orge dans les lots nouvellement défrichés.

Supprimer le parasitisme par un assolement biennal rigoureux : blé-jachère nue.

L'alternance des cultures supprimant annuellement toute nourriture a pratiquement fait disparaître le puceron de Djeradou dans le Nord.

AUTRES PUCERONS RADICULAIRES

Gaumont signale les radicicoles suivants, plus ou moins communs ou dangereux :

Forda formicaria Heyd. ou puceron vert des racines. Il aurait une origine comparable à celle des *Pemphigella*. D'après Mordwilko, ces pucerons vivaient, à l'époque du Tertiaire, sur le térébinthe et migraient sur les Graminées. Après la rétrogradation des térébinthes à l'époque glaciaire, seuls les émigrés sur graminées ont persisté et se sont exclusivement multipliés par parthénogénèse.

Paracletus cimiformis Heyd et *Anœcia corni* F. sont les formes exilées d'individus ayant un autre habitat;

Schizoneura venusta; Tetraneura ulmi, dont les sexués vivent sur l'orme;

Forda trivialis et *F. marginata*, qui passent l'hiver sur les graminées spontanées, sont parasites des céréales.

PUCERONS DES FEUILLES ET DES EPIS

Aphis avenae F. pose ses colonies sur l'Avoine et sur les graminées spontanées.

Macrosiphum cereale Kalt. (vert ou vert brun) les installe sur les feuilles, épis et panicules du Blé et de l'Avoine.

Les cicadelles : Cicadella sexnotata Fall. ou cicadelle de l'Avoine est signalée dans diverses régions céréalières de l'Europe, dévastant les Orges et les Avoines, les Pommes de terre et les Betteraves et revenant sur les joncs, points de départ.

Les cochenilles : Micrococcus similis ou cochenille rose des racines, connue dans quelques centres agricoles de la Régence, est sérieusement entravée dans son évolution par les pratiques agricoles courantes (Pl. VI, fig. 7).

COLEOPTERES

LAMELLICORNES

ENUMERATION DES LAMELLICORNES PARTICULIEREMENT NUISIBLES DANS LES CULTURES

L'énumération suivante est incomplète. Seules sont citées les espèces au sujet desquelles aucune contestation sérieuse ne peut être soulevée.

Rhizotrogus euphytus Buq, commun un peu partout, est capturé à partir de décembre jusqu'en mars-avril : *Rh. vorax* Maks : Kairouan, Souk-el-Arba et le Kef en octobre, novembre, décembre et janvier; *Rh. amphytus* Buq., particulièrement commun dans la plaine de Souk-el-Arba, où il cause de sérieux dégâts dans les céréales, se montre en janvier; *Rh. elegans* Brsk., très connu dans le Nord, vole en automne, peu avant le coucher du soleil, lors des journées orageuses; ses larves, également redoutées, abondent dans les jardins maraîchers (Pl. VI, fig. 9).

Geotrogus araneipes Fairm. est l'hôte des terres sablonneuses. Il apparaît à Sousse et dans les régions de Kairouan en décembre; *G. Lepidulus* Norm., plus tardif, est signalé à Bizerte; *G. rectibasis* Reit. à Téboursouk et le Kef en décembre; *G. capito* en février à Tunis.

Hybalus groupe ses espèces dans le Nord : *tuberculicornis* Reit., *parvicornis* Luc., *biggiber* Reit., *reclinans* Fairm.; les adultes sont capturés en mars, avril, mai (Pl. VI, fig. 8).

Polyphylla fullo L. s'envole très tard, en mai-juin, à Tunis, Sousse, Téboursouk, Souk-el-Arba.

Anomala est assez commun sur le littoral : *A. Ausonia* Er. dans la région Est de Tunis, et *A. atriplicis* Fabr. dans les sables de Sousse et de la Marsa en juin-juillet.

Phyllopertha lineata Fabr. et ses variétés *nigripennis* Reit. et *lineigera* Reit, sont capturés en mai-juin à Téboursouk, Aïn-Draham, Feruana, Le Kef, Souk-el-Arba.

Anisoplia floricola F. est commun partout, particulièrement dans les moissons en mai-juin, ainsi que sa variété *nigripennis* Paulino; *A. Depressa* Er. provient de Djebibina.

Hoplia aulica L. et ses variétés *bilineata* F. et *chlorophana* Er. occupent le Nord de la Tunisie; *H. Peroni* Bl. Aïn-Draham; *H. Sulphurea* Duf. se montre dans les oasis en mars-avril.

Pentodon idiota Herbst. vit dans le Nord, au printemps; *P. Algerinus* Herbst., espèce plus répandue, se rencontre à Tunis en juillet, à Kebili en mai, à Gabès en juin, à Kairouan en décembre.

Phyllognathus silenus F., aux larves énormes et voraces, communes partout, vole en juin-juillet-août (Pl. VI, fig. 1).

Oryctes grypus Ill. vit dans la forêt d'Aïn-Draham, à Bizerte; ce beau lamellicorne est capturé en été.

REGIME ALIMENTAIRE

Il n'y a pas, semble-t-il, de parasite hypogée plus polyphage que le ver blanc.

Toute matière azotée, peu importent l'origine et le degré d'assimilation, est acceptée par *Rhizotrogus*, *Phyllognathus* et autres Lamellicornes larvaires; racines et collet des plantes cultivées et spontanées, bulbes et rhizomes en pleine activité, dépérissants ou morts, humus du sol, jeunes vers, cadavres de lombrics et de larves diverses, insectes blessés.

Le tube digestif des vers capturés dans les parcelles systématiquement désherbées est toujours garni de terre plus ou moins riche en éléments nutritifs.

Leur résistance au jeûne, même en période de grande activité, est connue : les réserves adipeuses leur permettent d'évoluer pendant plusieurs jours et parfois plusieurs semaines en milieu non nutritif et stérilisé.

A la fois végétariens, coprophages et carnassiers, les vers se maintiennent donc dans les terres de rapport, les zones en friche et les jachères les mieux travaillées.

REVEIL AUTOMNAL

Contrairement aux larves de *Melolontha melolontha* L., qui remontent au printemps pour s'enfouir en automne, celles des lamellicornes tunisiens suspendent leur évolution dès les derniers jours d'avril ou mai pour ne la reprendre qu'en automne.

Les causes d'estivation, d'hibernation, de réveil automnal et de montée printanière coïncident généralement avec une suspension ou une reprise d'activité générale, intéressant à la fois le végétal et l'animal, et sont le point de départ d'un parasitisme régressif ou naissant.

En tête des facteurs qui déclenchent la reprise d'activité automnale s'inscrivent, ainsi que le démontrent les expériences suivantes, l'abaissement de la température et l'élévation du degré hygrométrique.

Autrement dit : pluviométrie progressive et thermométrie régressive déterminent une montée larvaire directement liée au degré d'imbibition des zones d'estivation.

Quoique la pluviométrie et la température soient étroitement unies, il n'en est pas moins vrai que le premier élément l'emporte dans ce déterminisme vital.

En laissant de côté les questions relatives à la température, trois cas, entre lesquels tous les intermédiaires se donnent libre cours, sont en présence :

1° Les pluies hâtives et abondantes permettent aux larves de retrouver de bonne heure un milieu favorable et de commencer leur mouvement ascendant dont la durée est fonction du genre et de l'espèce parasite, de la profondeur d'estivation et de la nature physique du sol.

Comme les semailles coïncident avec les bonnes pluies d'automne, les jeunes plants sont intensément attaqués par des larves à jeun depuis cinq ou six mois.

2° Les pluies hâtives, peu pénétrantes, mais suffisantes pour la levée, sont favorables au producteur : elles permettent aux plants de s'enraciner et d'opposer aux vers appelés par les pluies tardives une meilleure résistance.

3° Les pluies tardives retardent la levée et leur rôle est un peu comparable à celui des pluies hâtives et abondantes. Elles sont plus défavorables encore, car elles réveillent les vers à une époque où la température déséquilibre en leur faveur le cycle des organismes en compétition.

Cette simple question des pluies d'automne, qui influe singulièrement sur le parasitisme, fait souvent penser à une multiplication larvaire entravée ou accélérée par des causes diverses et surtout à une ou plus moins grande quantité de rongeurs de racines.

Il n'en est rien : seules sont en cause les pluies qui déclanchent la vie ou une reprise d'activité à la fois chez le végétal ou la larve parasite.

NATURE DES DEGATS

Rhizotrogus, *Geotrogus*, *Phyllognathus*, *Anomala*, *Hybalus*, etc., donnent des larves qui évoluent dans les terres à céréales, les olivettes, les cultures maraîchères, les vignobles, les oasis et même dans les terres incoultes ou en jachère (Pl. II.).

Leur nocuité, dans chacun des cas, est sous la dépendance étroite du milieu.

La question « parasitisme » — simple raison alimentaire pour le ver blanc — revêt, au point de vue entomologique pur, une importance équivalente à la pluviométrie, température, sol, plantes, auxiliaires et autres facteurs composant le milieu.

Il en est de même au point de vue parasitologie agricole : la moindre modification ou la suppression de l'un des principaux éléments de vie entraîne inévitablement un « parasitisme » plus ou moins accentué, une adaptation ou la disparition de l'espèce incriminée.

Ainsi, par exemple, le facteur « dates d'apparition des larves » permet de dire que :

Toute céréale ataquée au début de l'automne, dès la levée est perdue;

Dans le courant de l'automne, les plants, suffisamment enracinés, résistent mieux;

A la fin de l'automne ou au début de l'hiver, le « parasitisme » est moins inquiétant.

Les dégâts des adultes sont comparables à ceux de *Melolontha* dans les vignobles, négligeables par ailleurs.

Une parcelle attaquée par les vers présente les aspects les plus variés suivant l'époque, le degré de parasitisme, les mouvements et la composition physique et chimique du sol, la nature de la céréale, la densité du semis, les façons culturales, la pluviométrie, la température.

Il faut naturellement rechercher l'origine d'une nocuité graduée;

a) Dans les pontes de l'année précédente, les dégâts des adultes et des jeunes larves étant négligeables.

b) Dans la précocité de l'attaque, problème à données diverses et à solutions multiples suivant les régions et pour une même région suivant les années. Toutes les données précédentes, étroitement enchaînées, jouent en fin de compte et modifient annuellement et la profondeur d'estivation et l'index parasitaire. Les observations faites

dans une bonne terre de l'E. C. A. T. situent les larves de *Rhizotrogus* entre 35 et 50 centimètres et celles de *Phyllognatus* entre 45 et 60 centimètres. Il en résulte donc, par simple déduction, que les Rhizotrogues apparaîtront en surface avant les Phyllognates, quels que soient les facteurs déclanchant la montée larvaire.

D'une manière générale, les premières taches, qui apparaissent peu après la levée et que les praticiens affirment renconter toujours dans les mêmes zones, ont l'aspect de parcelles pauvrement ensemencées : la plants sont étiolés, jaunes, sectionnés.

Elles sont irrégulières de forme et de dimensions réduites.

Quinze jours plus tard, elles s'agrandissent, se fusionnent. Les jeunes plants se dessèchent, cisaillés au collet par les larves mélolontoïdes.

Cependant, les îlots subsistent, délaissés pour des causes inconnues.

Durant l'hiver, le parasitisme revêt une forme plus grave et le contaste est saisissant : alors que les champs indemnes évoluent normalement, ceux qui nourrisent les Rhizotrogues ne portent que les plantes spontanées, les petits îlots respectés et des zones intermédiaires.

Dans ces parties plus ou moins attaquées, les vers sont en nombre et de toutes dimensions : deux à vingt autour d'une touffe, une trentaine et davantage au mètre carré, en terre nue ou enherbée.

Les pluies d'hiver, qui agissent par leur fréquence et leur température, sont généralement moins avantageuses aux céréales qu'aux larves, les premières subissent un temps d'arrêt plus prononcé que les secondes : le ver s'alimente de tissus freinés dans leur développement et les dégâts n'en sont pas moins sensibles (Pl. I.).

Si leur température est modérée, les vers prennent cependant le dessus, leur évolution étant plus rapide que celle de la plante.

Les pluies fréquentes et froides gènent les adultes dans leur évolution épigée et provoquent un retard, une dispersion et parfois un fléchissement notable dans la ponte, contre-partie heureuse du déséquilibre précédemment cité.

A partir de mars, les taches s'effacent, l'herbe pousse activement entre les tiges des zones clairsemées et envahit les régions dénudées, et les pluies de printemps accélèrent, sans la déséquilibrer, l'allure des compétiteurs.

Dans le courant de la campagne agricole, la tiédeur, l'ameublissement du sol et, dans une certaine mesure, la sécheresse favorisent l'accouplement et la ponte, sauf cas exceptionnels de durcissement du sol à la fin de l'hiver.

Si le sol est relativement sec au début du printemps, le parasitisme n'en ressort qu'avec plus de relief : les vers poursuivent un peu plus bas leur lente et dangereuse évolution, tandis que la plante s'étiole ou marque un ralentissement évolutif. Si la sécheresse persiste, l'alliance de ces deux facteurs également redoutés se traduit souvent par une récolte déficitaire (1).

En avril, les larves les plus âgés paraissent moins nombreuses et amorcent, en vue de la nymphose, leur mouvement descendant; celles de l'année les suivent pour estiver à une profondeur donnée par la nature du sol, le degré hygrométrique, le genre et l'espèce considérés.

Etudié dans les parcelles récemment livrées à la culture, le parasitisme est noté en des points épars dont le caractère commun est d'être en contre bas, dans des dépressions à peine perceptibles.

Dix, vingt, soixante mètres carrés par hectare sont attaqués et dénudés au cours de la première année.

Dix fois et même cent fois plus, dans les cas les plus graves, dès la cinquième ou sixième année.

Les taches s'étendent, mais il y a des centres ou des foyers de parasitisme intense : cuvettes naturelles et bas-fonds.

Puis, au bout de plusieurs années, le parasitisme s'efface et l'extinction est manifeste dans les terres les mieux travaillés.

MOYENS DE LUTTE

F. Willaume a posé sous forme de loi la remarque suivante : « Chaque fois qu'un ravageur possède une forme aérienne et une forme souterraine, quelle que soit la forme nuisible, c'est à la forme aérienne qu'il faudra s'attaquer tout d'abord, comme étant la plus vulnérable ».

Aussi, en France et en Europe donne-t-on au hannetonnage la place de choix, l'inscrit-on au premier rang des procédés de destruction, et obtient-on en définitive, de ce vieux et pratique moyen de lutte, des résultats satisfaisants.

Il n'en est pas de même, à des rares exceptions près, pour les Lamellicornes tunisiens : la lutte doit viser toutes les formes évolutives et *porter son principal effort sur les larves souterraines.*

---

(1) « L'année 1422 fut une année de hannetons et de sécheresse; les terres ne rendirent que la moitié des semences qu'on leur avait confiées et la récolte se fit en arrachant les orges et les avoines à la main, dans la crainte d'en perdre quelques grains » (Brehm).

Toute personne ayant combattu les larves ou vers blancs de Lamellicornes croit ou a cru tel procédé infaillible.

Cependant, comme par le passé, les vers rongent encore vignes et céréales.

Et pourtant, que n'a-t-on tenté dans le monde entier contre les larves blanches et dodues des *Melolontha* et genres voisins !

En réalité, la lutte est décevante.

On doit, semble-t-il, agir directement, les points d'appui sur lesquels se base la défense ne confèrent à l'entomologiste agricole qu'un pouvoir limité et l'éloignent encore des succès obtenus contre la plupart des ravageurs de récoltes.

Quelques procédés — procédés de laboratoire ou d'expérimentation localisée — résistent à l'analyse, mais le milieu, créé de toutes pièces et les conditions expérimentales ne peuvent être reproduits en pratique agricole.

Cependant, la lutte peut se présenter sous un jour plus favorable : ici, le milieu facilite l'action toxique d'un produit ou la multiplication d'un auxiliaire; ailleurs, c'est la défense collective, la capture des adultes; plus loin, l'évolution est contrariée par la nature des terres, la sécheresse, par des causes inconnues ou mal définies.

Ainsi posé, le problème comporte de multiples et complexes solutions, exigeant du praticien des connaissances poussées au delà d'un simple déroulement cultural. Il conduit l'entomologiste à fusionner, pour les disjoindre à sa guise, les facteurs en compétition et à composer un plan d'étude à la fois méticuleux et souple, puissant et fragile, dont les pièces, automatiquement mues par le milieu ou contrées par l'homme, favorisent la plante ou meurtrissent l'insecte.

A. — AVANT LES SEMAILLES

1° Eloigner les pondeuses

En Europe, on peut, dans une certaine mesure, éloigner *Melolontha* des terres cultivées ou en jachère en épandant, au moment de la ponte, des substances répulsives.

L'une des principales données du problème (période de reproduction étant connue, il est facile d'épandre, quelques jours avant le gros de la ponte, une matière répulsive : les femelles s'éloignent des zones traitées et dispersent leurs œufs dans le voisinage.

Appliquée à la petite culture tunisienne (plantes potagères, florales, pépinières de forestiers, fruitiers et vignes), la répulsion artificiellement obtenue donne des résultats qui plaident en sa faveur.

Mais elle ne peut être sérieusement envisagée dans les terres à céréales; les genres et espèces étant nombreux et les pontes échelonnées, il faudrait épandre à deux ou trois reprises des répulsifs prolongeant leur action pendant un ou deux mois, doubler ou tripler le prix du traitement et rendre par là même prohibitive une opération ne ralliant du reste que bien peu de suffrages, même en Europe.

Cependant, la répulsion est à conseiller dans les zones normalement atteintes, dans les lieux de prédilection : les femelles éparpillent ou perdent leurs pontes en des terres moins favorables, et un parasitisme plus atténué ou moins brutal en est l'heureuse conséquence.

Tous les produits à émissions toxiques, lentes et continues, émissions naturellement influencées par le degré thermique, sont à conseiller.

Naphtaline brute. — Répandue et enfouie par un léger labour en novembre ou décembre, la naphtaline brute éloigne, à la dose de 300 kilos à l'hectare, les pondeuses des parcelles expérimentalement traitées (1).

Méphitol cristallisé. — Le méphitol ou chloryl, sous-produit de la fabrication des poudres, donne dans les mêmes conditions, mais à des doses légèrement inférieures (200 à 250 kilos à l'hectare), des résultats comparables : ses cristaux, qui dégagent lentement des vapeurs répulsives et insecticides, protègent efficacement jardins, pépinières et autres lieux de prédilection pendant la période de ponte.

Produits divers. — Toute substance modifiant l'attraction exercée par le sol prend place dans ce chapitre : chiffons imbibés de pétrole, carbure de calcium, cyanure, crud-ammoniaque, etc...

2° Attirer les pondeuses

E. Robert proposa, sous le nom de *pièges à hannetons*, une pratique susceptible de donner, en des cas particuliers, des résultats satisfaisants : protection des forêts, pépinières, cultures arbustives, vignobles.

« Considérant la prédilection des adultes pour les lieux plantés d'arbres, dit Gérard, E. Robert conseille de fumer et de cultiver avec soin tout autour des forêts et des pépinières une bande de ter-

---

(1) Moyen de lutte signalé, il y a une quinzaine d'années par P. Audoin. Il recommandait la naphtaline brute, extraite des huiles de goudron de houille des usines à gaz, à la dose de 4 à 500 kg. par hectare.

rain de quelques mètres de largeur où les femelles de la contrée viendront en foule déposer leurs œufs; de sorte qu'un labour, fait alors que les larves sont encore jeunes et sociales, c'est-à-dire n'ayant que quelques mois, ne sont pas encore dispersées, en fera périr une multitude » (GÉRARD).

3° AFFAMER LES LARVES

Jachères nues. — Des jachères propres, ne portant aucune herbe spontanée doivent, semble-t-il, affamer les vers.

Il n'en est rien : les vers, à tout âge, vivent ou peuvent vivre, en l'absence et même en présence de nourriture végétale vivante, aux dépens du sol, de vieilles racines et de débris de toutes sortes.

VIBERT a observé, vers 1850, « des vers blancs vivant en quantités énormes dans des terres en jachère n'ayant que des racines desséchées, à trop peu de profondeur pour les nourrir, ces vers, par la sécheresse, étant forcés de rester loin du sol ».

Il les a conservés pendant plusieurs mois sans dépérissement sensible « dans des pots remplis uniquement de terre prise assez profondément pour qu'elle ne contînt que très peu de matière végétale ».

L'observation et l'expérience de VIBERT sont confirmées par les notes suivantes :

a) Les centaines de dissections effectuées à des époques diverses par les élèves de l'Ecole Coloniale d'Agriculture ont toujours décelé, dans toute la longueur du tube digestif de *Rhizotrogus* et *Phyllognathus* lavaires provenant de jachères nues, une substance argileuse, chargée de principes nutritifs.

b) Trente *Rhizotrogus* et *Phyllognathus* sont placés dans du sable de carrière pur. Le cannibalisme entre en jeu dès le quinzième jour et, après trois mois, seules douze larves, dont une de petite taille, subsistent.

S'il en était autrement, les vers, grâce à l'assolement biennal, qui est de règle dans de nombreuses régions céréalières tunisiennes, auraient depuis longtemps disparu.

Cependant, le régime végétarien et à défaut le cannibalisme ou les aliments des terres riches en humus semblent nécessaires à certaines époques de l'année, surtout au début de l'automne et au printemps, et les larves soumises à une déficience alimentaire se présenteraient peut-être à la nymphose, ainsi que les coccinelles, avec des réserves énergétiques insuffisantes au maintien de l'espèce (1).

---

(1) *Coccinella septenpunctata* insuffisamment nourrie présente les anomalies suivantes : nanisme, décoloration, répulsion à l'accouplement, ponte abrégée ou annulée. (PAGLIANO, Biologie de *Coccinella septenpunctata*).

Les jachères nues ont donc un effet indirect appréciable : l'agriculteur double tout simplement les effets culturaux d'une action insecticide appréciable.

Quoique les terres labourées soient des lieux de ponte recherchés, il n'en est pas moins vrai que les jachères nues, exigeant les façons culturales répétées, gênent directement ou indirectement l'évolution de *Rhizotrogus* et de la plupart des parasites hypogées.

Chaux. — En dehors de son action déshydratante et caustique de courte durée et sans grande valeur insecticide, la chaux réduit, par destruction des débris organiques, l'alimentation larvaire et engendre les conséquences d'ordre biologique précédemment décrites.

Son emploi, à la dose de 30 hectolitres par hectare, dans les terres argileuses, doit être envisagé dans le cas où de nombreuses justifications se font jour.

4° Alimenter les larves

Dans les « zones de prédilection » où les pousses sont vigoureuses et denses, les manifestations parasitaires sont masquées, négligeables parfois.

Pareils résultats s'obtiennent — à moins de contre-indication — en semant dru sur terres convenablement préparées et en faisant appel aux engrais dont quelques uns ont des propriétés insecticides.

Ici, la question « parasitisme » se fait jour et confirme — et la confirmation n'en sera que plus éclatante par la suite — la notion qui en a été donnée dans un chapitre précédent.

Tous les engrais sont à conseiller : ils assurent une levée régulière, rapide et vigoureuse, opposant aux vers des racines toujours plus nombreuses ou une résistance passagère, mais suffisante.

Ainsi, dans l'observation suivante, l'action des engrais ressort avec une précision mathématique.

Un colon devait épandre sur une parcelle de 12 hectares une quantité déterminée de superphosphates. L'ouvrier chargé de ce travail, ayant mal réglé son appareil, se trouva, en fin de journée, à court d'engrais. Et pour donner le change, il épandit l'ultime charge dans la dernière bande en zigzagant, pensant que les eaux de pluie, diluant la poudre fertilisante, l'allaient uniformément répartir.

Il n'en fut rien; il a plu, le blé a poussé et l'engrais a fait son effet là — et uniquement là — où il avait été épandu.

Dans la parcelle en question, zébrée de bandes à végétation luxu-

riante dont la largeur coïncide avec celle du distributeur d'engrais, on aperçoit, creusées dans la masse, de larges taches de vers — qui souvent s'arrêtent nét ou côtoient les zébrures — dans lesquelles poussent de misérables et rares plantules, cisaillées par les Rhizotrogues ou meurtries par la mouche de Hesse.

Naturellement, dans ces zébrures *abondaient vers blancs et cécidomyies*, mais les plantes supportaient le parasitisme sans fatigue apparente : elles résistaient *et c'est le résultat recherché*.

Le contraste était tel qu'un parasitologue, parodiant Franklin, aurait pu tracer avec des engrais, aussi sûrement qu'avec de plâtre : **« Ceci a été protégé ».**

Pour confiermer l'observation précédente, il convient de citer le tableau de MORRIS qui indique, pour un certain nombre de fumures, un accroissement notable de la faune hypogée :

FUMURES	DIVERS	INSECTES
Pas d'engrais	1.208.000	673.000
Superphosphates	1.401.000	999.000
Sels ammoniacaux	1.734.000	1.424.000
Fumier de vaches et superphosphates	9.448.000	2.217.000
Fumier de vache et sels ammoniacaux	10.516.000	4.667.000
Fumier de vache	12.948.000	2.323.000

5° CONTRARIER LE DÉVELOPPEMENT LARVAIRE

Labours profonds. — Comme les espèces nord-africaines échelonnent leurs pontes du début de l'automne au printemps, l'utilité et les effets immédiats des labours profonds sont incontestables : enfouis à 30 ou 40 centimètres, les œufs libèrent des larves qui ne peuvent aisément remonter ou trouver une nourriture appropriée; les larves de plus grandes dimensions, logées à la même profondeur, ont cependant une évolution retardée.

Peu avant l'estivation, au printemps, ces labours retiennent dans les grosses mottes — qui se dessèchent et granulent en surface — des larves qui éprouveront de sérieuses difficultés pour s'enfoncer. La plupart — il est difficile de donner un pourcentage en raison de la

nature du sol, de l'époque des labours et des zones de stationnement occupées — succomberont.

Labours répétés. — Les labours de printemps, croisés et recroisés, gênent l'évolution, ramènent fréquemment les larves en surface, les blessent, favorisent le cannibalisme et facilitent leur destruction par les prédateurs. Leur action est manifeste à la longue.

Hersages. — Les instruments de labour exposent les vers à leurs ennemis, au soleil et, souvent, les mutilent. Les hersages, rapides et moins coûteux, donnent des résultats remarquables : pontes désagrégées, exposition fréquente aux agents destructeurs, dispersion alimentaire.

En résumé : les jachères nues, exigeant hersages et labours répétés — opérations qui gênent et meurtrissent les vers — s'inscrivent parmi les meilleurs procédés de défense.

6° Ramasser les larves

Ramassage à la main. — Hersages et labours coopèrent donc à la destruction des vers. Mais leur rôle est considérablement accru s'il est suivi d'une excellente pratique, la meilleure sans doute au point de vue entomologique : le ramassage à la main.

Tout labour, léger, moyen ou profond, disperse les parasites dans la raie et le long de la bande soulevée. Blessés ou non, ils cherchent aussitôt à s'enfouir, à retrouver leur milieu habituel. Leurs mouvements, lents et gauches, laissent au cultivateur le loisir de les capturer, de les détruire. En bonne pratique, chaque instrument est suivi d'une femme ou d'un garçonnet ramassant et plaçant dans des boîtes ou paniers les vers mis à jour. Leur destruction par piétinement sur une aire ou dans une fosse, par broyage, ébouillantage ou tout autre procédé, est confiée à un troisième ouvrier.

Comme l'exécution est assez aléatoire, il convient de donner des primes au ramassage et de ne pas hésiter à doubler, s'il le faut, le prix de la journée d'ouvrier.

Convenablement exécutée, l'opération donne des résultats satisfaisants : 10 à 20.000 vers par hectare peuvent être détruits au cours d'un simple labour.

Dans les terres très parasitées, une femme ramasse 15 à 20 kilos de larves par jour.

En réalité, on n'enlève qu'une partie des parasites, les grosses larves notamment. Il est en effet difficile d'obtenir des ramasseurs la

capture des jeunes, que les mottes masquent aussitôt et qui, de toute manière, échappent rapidement aux regards les plus exercés.

Il convient donc de renouveler cette méthode de lutte, de l'associer à chaque labour ou hersage, de découvrir et détruire à différentes époques de l'année les vers dodus et arqués.

Les chiffres suivants, cités à simple titre indicatif, donnent à cette conclusion une plus grande valeur : deux femmes suivant la charrue ont ramassé, d'après Reiset, sur 1 ha. 40 ares :

Après le premier labour........	170	kilos de larves
Après le deuxième labour.......	111	—
Après le troisième labour......	63	—
Au total.....	344	—

En Suisse, le ramassage des larves et celui des adultes sont obligatoires.

Poulailler roulant. — Dans quelques régions, les ramasseurs à main sont remplacés par des oiseaux de basse-cour (dindons, pintades, poules) ou par des porcs.

Porcins et oiseaux de basse-cour sont parqués dans la zone des labours et divisés en équipes opérant à tour de rôle. Un inconvénient arrête souvent le producteur : les œufs et la chair se ressentent de cette alimentation, deviennent grisâtres et dégagent une odeur désagréable.

En conséquence, il convient de ne pas exagérer les avantages ou l'importance de ce moyen de lutte prôné par Giot. Il est loin de valoir le précédent (1).

De plus, cette pratique favorise la multiplication de *Giganthorhynchus gigas*, Acanthocéphale de l'intestin du porc. Les œufs de ce ver — qui a les dimensions d'un Ascaris — épandus dans les champs avec le fumier de ferme, sont avalés par certaines larves de Lamellicornes chez lesquelles ils se développent. Les porcs, fouillant le sol, se contaminent en mangeant les larves.

Giganthorhynchus existe en Tunisie.

7° Ramasser les adultes

Les Lamellicornes tunisiens ne montant qu'exceptionnellement sur les arbres, aucune pratique analogue au hannetonnage ne peut être réalisée

(1) Ce moyen de lutte, fort ancien sans doute, avait été repris par le célèbre Parmentier, qui, pour délarver les abords des fermes, préconisait les dindons.

Pièges lumineux. — Ils ne donnent satisfaction qu'avec les espèces ailées et nocturnes : *Anomala* et *Phyllognathus*, par exemple, sont attirés, en mai-juin, dans les villes du Nord de la Régence, par la lumière. Les pièges habituels donnent satisfaction.

Ramassage à la lanterne. — Dans les vignobles, la capture des *Rhizotrogus* qui, nuitamment, rongent feuilles et bourgeons, ne peut se faire qu'à la lumière : lanterne-tempête ou lampe électrique de poche.

Rivière a signalé, du côté de Milianah, les beaux résultats dérivant de cette pratique :

« Vers 10 heures du soir, munie de lanternes à réflecteurs, une brigade d'ouvriers marchant de front et projetant la lumière sur chaque cep, put, en quelques nuits, ramasser 110.400 adultes. »

Il y avait en moyenne 1.595 adultes au kilo, soit une récolte totale de près de 70 kilos de Rhizotrogues.

8° Ecraser pontes, larves et adultes

Le roulage. — Les rouleaux, plus ou moins lourds, unis ou échinés, donnent des résultats discutables suivant la nature des terres, leur degré d'imbibition, le relief et la zone d'enfouissement des parasites à combattre.

Engendrant divers phénomènes de compression, meurtrissant larves, pontes et adultes, le roulage donne néanmoins, en dépit des conceptions de l'esprit, des résultats nettement inférieurs à ceux enregistrés lors d'un labour ou d'un hersage.

9° Intoxiquer les larves

I. — Fumures insecticides

Crud-ammoniaque. — C'est un résidu de la fabrication du gaz d'éclairage dont l'action fertilisante et la valeur insecticide sont variables. Sa composition est, en effet, complexe : on trouve notamment du ferrocyanure ferrique (peu ou non toxique) qui, dans les terres acides — rares en Tunisie — donne de l'acide cyanhydrique (toxique); du sulfocyanure d'ammonium, toxique dans n'importe quel sol; des sulfites et bisulfites qui dégagent de l'anhydride sulfureux; du soufre et des bisulfites dégageant du soufre qui, sous l'influence de certains microbes, donnent également de l'anhydride sulfureux et ultérieurement de l'acide sulfurique, de la chaux, etc...

Le crud-ammoniaque, à la fois fertilisant et toxique, est employé dans les *jachères nues*, en févrieer-mars, à la dose de 1.000 à 3.000 kilos à l'hectare. Ses dégagements nocifs contrarient ou asphyxient les formes larvaires et seule subsiste, au moment des semailles, l'action bienfaisante des matières azotées.

Dans le Midi de la France, où il fut employé dans les vignobles en cours de végétation, il ne donna que des résultats désastreux.

Molinari et Ligot, analysant divers cruds, ont trouvé des doses d'azote total variant entre 5 et 9,17.

Laissé en tas volumineux, il s'enflamme spontanément à la suite de l'élévation thermique produite par l'oxydation lente du soufre, des sulfites et autres composés.

Tourteaux. — Le tourteau de ricin à forte dose (2 à 3.000 kilog. à l'hectare), a été préconisé contre les taupins.

Sylvinite. — La sylvinite, qui a été employée contre les herbes spontanés, aurait à la longue — on ne sait au juste pourquoi — une action toxique sur les formes souterraines.

Des résultats encourageants ont été enregistrés contre *Anthomyia ceparum* (ver de l'Oignon), contre les taupins, les limaces, les vers de terre ou lombrics et autres parasites du sol.

Il ne faut pas accorder, *à l'exception toutefois du crud-ammoniaque et de la cyanamide*, une trop grande valeur toxique aux produits à la fois insecticides et fertilisants.

II. — Vapeurs toxiques

Le sulfure de carbone. — Le sulfure de carbone, insecticide doué d'un pouvoir fertilisant ou améliorant des terres, est, sans contredit, le produit le plus connu, le plus employé et, souvent, le plus efficace.

Cependant, il est irrégulier dans ses effets et ne doit être employé qu'avec circonscription, après étude préalable.

1° *Action insecticide.* — Divers facteurs contrarient ou favorisent son pouvoir insecticide : les uns sont liés au mode de vie des vers, les autres au milieu ambiant.

En d'autres termes, le succès d'un traitement dépend autant des méthodes d'application dérivées de la biologie des parasites à combattre que des produits employés.

Connaissances biologiques et insecticides appropriés doivent être indissolublement associés : l'insuffisance relative — et à plus forte

raison manifeste — des unes ou des autres se traduisent en définitive par des échecs.

Injecté dans le sol, même à forte dose, son action est naturellement limitée aux parasites soumis à ses vapeurs toxiques.

Or, les larves « sulfurées » sont moins nombreuses qu'on le pense. Il suffit de rappeler qu'en automne, en hiver et au début du printemps se développent dans les jachères des larves de toutes dimensions et de tous âges plus ou moins enfouies et dispersées pour déclarer qu'il n'est possible d'atteindre qu'une partie de la population hypogée. En outre, en raison des faibles phénomènes respiratoires dont jouissent les œufs, de l'emplacement qu'ils occupent en surface, de la profondeur à laquelle se trouvent les nymphes et de la situation épigée des adultes, il est matériellement impossible d'atteindre les différents stades évolutifs des Lamellicornes tunisiens.

En ne tenant compte que du mode de vie des vers blancs, on ne peut atteindre les œufs, les nymphes et les adultes et qu'une partie des larves.

Et ce n'est pas tout.

La période de sulfuration est limitée. Le toxique ne peut être injecté dans les jachères, vergers ou jardins maraîchers qu'en automne ou au printemps. En hiver, la compacité ou l'humidité des terres s'y opposent généralement; en été, les vers sont enfouis à des profondeurs impénétrables aux vapeurs.

Il ne faut, sous aucun prétexte, l'utiliser immédiatement avant les semailles, le sulfure entravant la faculté germinative. Du reste, le traitement, à moins de précipitations abondantes et suivies, serait sans effet, les vers se trouvant à 40-50 centimètres de profondeur, à l'abri du toxique.

Observation. — Dans les cages du Service Botanique et Agronomique, divisées en carrés de 2 mètres de côté, ont été essayées, quelques jours avant les semailles qui eurent lieu les 14 et 15 octobre 1929, la plupart des substances susceptibles d'atteindre les vers.

Des lots témoins encadraient systématiquement les lots traités. Pour éviter des confusions et pour mieux marquer les contrastes, les semailles ont été faites, dans les premiers, en lignes orientées E.-O. et N.-S. dans les seconds. De plus, les lots étaient piquetés, cordés et séparés par des fossés.

Une pluie de 12^{mm}, ayant suffisamment humecté le sol, a facilité les semailles aux dates indiquées.

Cependant, *les résultats ont été nuls au point de vue entomologique*, les vers ne montant en surface que le 25 novembre, après une bonne pluie et plus d'un mois après les traitements, longtemps après la vola-

tilisation du sulfure de carbone, tétrachlorure, sulfocarbonate de potasse, cyanures, carbures, etc...

La nature physique du sol, la porosité, l'imperméabilité, le durcissement, le degré hygrométrique, la température sont autant de facteurs qui limitent son action. Il est de toute évidence que telle dose insecticide dans une terre franche ne l'est plus dans des sols compacts. Une dose est toxique dans des conditions déterminées et non à toute époque de l'année : le milieu variant avec les saisons, les doses et la profondeur d'injection varient dans le même sens.

La question des doses a été souvent posée pour les jachères et les terres cultivées. Elle doit être étudiée pour chaque sol et il faut tenir compte de la température. On donne comme doses habituelles et moyennes : 300 kilos à l'hectare (traitement cultural) et 600 kilos pour le traitement d'extinction.

En Suisse, Decoppet conseille d'injecter le plus uniformément possible, à 15 centimètres de profondeur et réparties en 6-8 trous au mètre carré, des doses de 40 à 50 grammes, soit 4 à 500 kilos à l'hectare. « On ne traitera pas, dit-il, les terrains fraîchement défoncés; on attendra quelques jours pour labourer les surfaces qui viennent d'être sulfurées; on évitera de traiter les sols humides et trop secs. »

Faës et Staehlein affirment, en outre, que « les vapeurs affectent le ver blanc à condition que la concentration et surtout la durée d'exposition soient suffisantes ».

A ces restrictions, il convient d'en ajouter d'autres : si 30 à 35 grammes agissent dans les sols légers, des doses deux fois plus élevées sont nécessaires, dans les terres fortes; traiter à deux reprises, à 15-20 jours d'intervalle, de manière à détruire les parasites ayant échappé au premier traitement; ne pas sulfurer par vent violent, après une pluie, par températures basses ou élevées; tracer le terrain pour une répartition uniforme; connaître la température du sol, etc...

Le traitement est de longue durée; il faut trois jours à une équipe de trois hommes pour traiter un hectare.

Le pal injecteur ne peut être manœuvré, même dans les sols souples ou ameublis, que par des ouvriers vigoureux, exempts de tares nerveuses.

Il doit être enfoncé normalement au sol, à 15 centimètres de profondeur. Il ne faut jamais le faire pivoter ou lui imprimer un mouvement de bascule, ce qui agrandirait le pertuis de pénétration et faciliterait une trop rapide diffusion des vapeurs dans l'atmosphère.

Enfin, le jet doit être dirigé en arrière ou en avant, contre la paroi.

Après une pluie abondante ou au cours d'une période pluvieuse,

le pal s'enfonce sans effort et creuse un pertuis imperméable, une sorte de tubulure, de section rectangulaire et à parois lisses, dans laquelle le liquide ne peut se diffuser : l'effet toxique est alors nul ou très limité.

Il ne faut pas songer, en Tunisie, aux émulsions sulfurées des Américains, procédé qui exige de l'eau et du matériel et qui se heurte à la plupart des inconvénients précédemment signalés.

En résumé : l'emploi du sulfure de carbone est subordonné à une foule de circonstances. Si à ces multiples difficultés on ajoute le prix de revient, les risques et la lenteur d'exécution, il en ressort que pareil traitement ne donne satisfaction que dans des cas particuliers, dans les petites exploitations et non dans les cultures céréalières nord-africaines.

2° *Action fertilisante.* — Une seconde action sur laquelle le producteur doit être éclairé est l'action fertilisante du sulfure.

Le milieu modifie la zone d'action du sulfure. A son tour, le sulfure modifie le milieu.

Il le modifie en asphyxiant des larves de toutes sortes, en détruisant les Protozoaires et notamment les Ciliés, ennemis ou parasites des bactéries utiles. Ces dernières prennent rapidement le dessus et le tout se traduit par une végétation meilleure. De plus, la plante, libérée de ses parasites ou d'une grande partie de ses parasites, dont les cadavres enrichissent le sol, reconstitue des racines et supportera mieux les attaques ultérieures.

Aussi, quoique ses effets améliorants soient irréguliers parce que étroitement liés à la nature du sol et des plantes cultivées, est-il employé dans quelques régions, surtout en Suisse, comme engrais remédiant à la fatigue des terres ou tout simplement comme engrais.

Pour Decoppet, « le Sulfure de carbone est non seulement un insecticide puissant, mais un produit qui joue dans le sol un rôle certain en favorisant la végétation. Cette influence, ajoute-t-il, n'est pas momentanée, elle est durable et se fait sentir quelques années encore après le traitement ».

b) **Cyanure de calcium et Cyanure de potassium.** — Ces deux produits ont donné en laboratoire, à la dose de 25 grammes au mètre carré, des résultats favorables. Leur emploi, lié au milieu ambiant et au mode de vie des vers à combattre, appelle les réserves formulées pour le sulfure de carbone. En raison de la rapidité et de la facilité apparente avec laquelle on les emploie et du prix de revient, il serait bon, malgré les dangers de manipulation, de leur accorder une plus large place dans la parasitologie agricole.

c) **Carbure de calcium.** — Au contact de l'eau, le carbure de calcium dégage un gaz nocif : l'acétylène.

$$Ca\,C^2 + 2\,H^2O = Ca\,(OH)^2 + C^2H^2$$

La rapidité de la réaction varie avec le degré hygrométrique du sol et la toxicité avec les facteurs mis en cause pour le sulfure de carbone.

A l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis une expérience, réalisée dans les conditions suivantes, a donné de bons résultats.

Observation. — 300 kilos de nodules de carbure à l'hectare sont régulièrement enfouis entre 10 et 15 centimètres par un fort labour dans des bandes de 30 mètres de largeur alternant avec des bandes témoin; sol humide; pluie de 4^{mm} survenant le lendemain du traitement; densité larvaire : 2 à 40 au mètre carré.

Résultats : la bêche met à jour, une semaine après l'expérience, le quart environ d'individus vivants.

Les pluies légères survenant à point, l'ameublissement du sol et la diffusion régulière et abondante des gaz dans les bandes traitées sont faits exceptionnels ou rarement réalisables en grande culture.

d) **Sulfocarbonate de potassium.** — Le sulfocarbonate présente des avantages incontestables : il se décompose en hydrogène sulfuré et en sulfure de carbone et laisse dans le sol un engrais, le carbonate de potasse. Mais en raison de son prix élevé et de son mode d'épandage (en solution à 20 %), ce liquide dense et brunâtre n'est indiqué que dans les cultures maraîchères et florales.

e) **Méphitol cristallisé.** — Ce sous-produit de la fabrication des poudres a été conseillé contre tous les insectes du sol et des grains.

Les résultats obtenus contre les parasites des grains sont remarquables. Mais s'il n'altère en rien la faculté germinative *des grains secs*, il la supprime lorsque ses vapeurs agissent sur des grains humides ou en germination.

Aussi son emploi dans les terres maraîchères doit-il être conseillé *longtemps* avant les semis.

Sa valeur, sensiblement inférieure à celle des toxiques précédemment décrits, est rehaussée par une émission continue et de longue durée de vapeurs, cédées graduellement et parallèlement à l'index thermique par des cristaux qui s'incorporent aisément au sol et qui agissent à différentes profondeurs.

Il y a, de ce fait, un avantage que le producteur peut exploiter dans ses jachères à la condition, toutefois, de doubler ou tripler les doses répulsives.

Observations. — Au Service Botanique et Agronomique, tous les carrés traités, *peu avant les semailles* d'octobre 1929, au méphitol cristallisé, ont émis des vapeurs ralentissant ou annihilant la germination : ces carrés, reconnaissables de loin, ne portaient, le 28 février 1930 — date de la dernière observation — qu'une maigre et légère végétation dont le contraste avec les lots témoins était par trop pénible.

Un fait de portée générale se dégage de cette observation : *aucune substance à dégagements lents et continus ne doit être employée au moment des semailles.*

En résumé : tous les produits dégageant, en vase clos, des vapeurs toxiques, donnent des résultats positifs.

Les expériences de laboratoire les mieux conduites ont toujours lieu, malgré leur diversité et l'habileté de l'opérateur, en vases plus ou moins clos : les vapeurs, canalisées dans les éprouvettes, bacs ou cuvettes, de bas en haut — ou inversement — enveloppent la larve dans une atmosphère délétère et l'asphyxient d'autant plus vite que les arrosages forment, en surface, surtout dans les terres argileuses, un tampon ou bouchon humide presque imperméable.

Dans la nature, il en est rarement ainsi. Pour retrouver le milieu artificiel des expériences de laboratoire, il faudrait répartir uniformément le toxique — réalisable; élever les doses — onéreux; opérer en présence de nombreux parasites — possible; et, pour certains produits, traiter immédiatement avant une bonne pluie — imprévisible — qui « tasse » et supprime momentanément la capillarité en surface et transforme, par contre-coup, le sous-sol en « vase clos ».

III. — Les arséniates

L'utilisation des sels arsenicaux satisfait l'esprit tant il est facile de concevoir l'intoxication des espèces hypogées.

En effet, les larves vivant aux dépens du collet, des racines et de l'humus du sol, doivent fatalement s'intoxiquer en absorbant un arséniate quelconque, soluble ou insoluble, épandu peu de jours avant les semailles ou au cours des semailles si, par exemple, on se propose de protéger les cultures de céréales.

Toutes les méthodes d'épandage ont leurs indications au moment ou peu avant les semailles.

Après les semailles, seules les pulvérisations ou, à la rigueur, les poudrages à la volée, fournissent le toxique aux larves.

Malheureusement, les résultats sont en contradiction formelle avec les spéculations de l'esprit.

Effectivement, les expériences réalisées à l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis et au Service Botanique et Agronomique démontrent, pour *Phyllognathus*, *Rhyzotrogus*, *Cetonia* et *Hybalus* larvaires, un degré de résistance peu banal ou plutôt une insensibilité surprenante aux arséniates de soude, de chaux et de plomb.

Expérience I. — Sur 22 larves de *Phyllognathus silenus* ayant jeuné dans du sable de carrière pendant 15 jours :

8 reçoivent une injection, *par voie buccale*, de 1/3 de c.c. d'une solution d'arséniate de soude à 1 %.

7 reçoivent la même dose d'arséniate de chaux à 1 %.

7 reçoivent la même dose d'arséniate de plomb à 1 %.

Au cours de l'opération, quelques larves ont été blessées par l'aiguille creuse de la seringue de Pravaz. Les larves manifestement blessées et douteuses sont sacrifiées.

En définitive, trois lots totalisant 13 vers (5 traités à l'arséniate de soude, 4 à l'arséniate de chaux et 4 à l'arséniate de plomb) sont mis en observation dans la terre de jardin, à la température du laboratoire.

Une semaine plus tard, neuf vers seulement (3 traités à l'arséniate de soude, 2 à l'arséniate de hcaux et 4 à l'arséniate de plomb) sont vigoureux.

Sont-ils intoxiqués ?

L'appareil de MARSH *décèle une quantité relativement forte d'arsenic.*

Expérience II. — 10 larves de *Phyllognathus*, placées dans les mêmes conditions, reçoivent, *par voie anale*, 1 c.c. d'une solution d'arséniate de soude à 1 %.

Après une semaine, l'appareil de MARSH *décèle des traces d'arsenic.*

Expérience III. — 9 larves de *Phyllognathus* reçoivent des injections sous-cutanées. Elles résistent à leur blessure. Le toxique, chassé par l'afflux sanguin, ne se maintient probablement pas dans la cavité générale.

Après le même laps de temps, l'appareil de MARSH *ne décèle pas d'arsenic.*

Expérience IV. — 12 larves de *Phyllognathus* reçoivent une injection buccale d'arséniate de soude à 1 %. Mises en terres humides, elles restituent, par l'intermédiaire de l'appareil de MARSH, *au bout d'un mois*, des traces d'arsenic.

Expérience V. — Ces expériences groupent une série de tentatives dans les cultures avec des arséniates solubles ou insolubles, dilués ou épandus en poudrages. Les résultats, contrôlés sur une cinquantaine de lots, ont toujours été négatifs.

En résumé, les solutions arsenicales injectées par les voies buccale, anale et sous-cutanée n'ont aucun effet, direct ou indirect, sur les grosses larves de *Phyllognathus silenus*.

Les essais de plein air contre *Phyllognatus*, *Rhizotrogus*, *Hybalus* et *Cetonia* larvaires confirment les essais de laboratoire.

1° Utilisation et protection des auxiliaires

I. — Cryptogames entomophytes

On a fait beaucoup de bruit, avant la guerre, sur les cryptogames nuisibles aux ravageurs des récoltes.

Cette méthode de lutte, dont les données pratiques et scientifiques s'harmonisaient avec l'esprit des nouvelles générations rurales, plaisait et par les résultats, que la presse vulgarisait jusque dans les plus humbles campagnes, et par l'appui officiellement accordé par l'Etat.

Chaque parasite avait sa muscardine blanche, rose ou verte. Et le cyptogame déclenchait, étroitement associé au milieu, des épizooties qui distançaient — de beaucoup — les meilleurs résultats donnés par les insecticides les plus en vue.

Metchnikoff et Krassilitchic en Russie, Forbes et Snow en Amérique, Trabut en Algérie, Giard et Le Moult en France obtinrent des résultats encourageants, décisifs parfois.

Vulgarisés au delà de la pensée des précurseurs, les essais et les résultats furent par la suite discutés, mis en doute.

En réalité, la réussite de pareilles méthodes de lutte est liée au milieu, à la forme évolutive de l'insecte à combattre, à la virulence des cultures et à une foule de facteurs qui ne se réunissent qu'exceptionnellement dans la région à désinsectiser.

Aussi n'est-il pas rare d'enregistrer, suivant les localités, l'époque, l'auxiliaire et l'insecte, des succès, le *statu quo* ou des échecs retentissants.

Beauveria densa, isolé par Giard et Le Moult, est certainement l'entomophyte le plus connu.

Giard et Le Moult l'expérimentèrent dans la Mayenne, départe-

ment dans lequel les gisements naturels de larves muscardinées par *Beauveria densa* sont communs.

Ils obtinrent satisfaction, mais furent moins heureux par ailleurs. Cependant, leurs efforts ont largement contribué, sans doute, à la régression larvaire de *Melolontha*, à la propagation, puis au maintien d'un procédé de lutte biologique intéressant à plusieurs points de vue.

Lorsqu'on se propose de propager un cryptogame entomophye, les deux cas suivants sont à envisager :

a) **Le cryptogame existe dans la région.** — Il s'y trouve à l'état endémique et, telle une maladie épidémique, ne passe à l'activité que sous l'influence de circonstances plus ou moins connues.

L'ensemencement de l'auxiliaire est sans portée pratique.

b) **Le cryptogame n'existe pas dans la région.** — On peut l'y acclimater si la région réunit de temps à autre les éléments d'un milieu favorable. Dans le cas contraire, il est inutile d'insister.

Ensemencé à deux reprises, à l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis et à Djedeïda en 1923 et au Munchar de Béja en 1927, *Beauveria densa* n'a pas donné de résultat.

Cependant, le cryptogame de LE MOULT a été observé dans les cultures de l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis, dans les parcelles où des essais avaient été tentés l'année précédente.

Depuis, il a disparu.

A-t-il succombé et doit-on abandonner le cryptogame auxiliaire ?

Le milieu étant des plus capricieux, les circonstances favorables à la multiplication des cryptogames entomophytes n'étant qu'exceptionnellement réunies, il est sage d'abandonner, en Tunisie, le rêve caressé par les praticiens d'avant guerre qui croyaient provoquer à volonté des épizooties contre les plus dangereux ennemis de leurs vergers, de leurs céréales ou de leurs vignes.

Et pourtant existent et évoluent normalement dans la Régence trois auxiliaires connus :

Beauveria globulifera, assez commun et actif au Cap Bon et à l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis, aux dépens de *Hypera Marmotani* des fèves;

Empusa Planchoniana, du puceron noir de la fève (commun lors des années humides);

Empusa muscae, de la mouche domestique (très commun en automne).

II. — **Maladies microbiennes**

Paillot a signalé un certain nombre de bacilles plus ou moins pathogènes de *Melolontha melolontha*, le hanneton vulgaire. Ces auxiliaires, peu connus, ne jouent qu'exceptionnellement un rôle de premier ordre.

Aucune épizootie naturelle n'a été signalée.

Mais il ne serait pas surprenant, les bacilles étant très répandus, d'assister à une multiplication intense et propre à limiter les dégâts du hanneton vulgaire et des espèces et genres voisins.

Paillot indique, comme étant plus ou moins pathogènes de *Melolontha melolontha* L. et d'autres insectes, deux séries :

Bacillus melolontha liquefasciens $\chi\beta\gamma$

Bacillus melolontha non liquiefasciens $\chi\beta\gamma\delta\varepsilon$ et *Bacillus hoplosternus*.

Diplobacillus melolonthae.

III. — **Les Vertébrés**

Tous les observateurs reconnaissent qu'il est nécessaire de protéger les auxiliaires et particulièrement les oiseaux, mais qu'il ne faut pas toujours compter sur eux pour entraver la multiplication des vers blancs.

Les oiseaux. — Plusieurs oiseaux suivent les instruments de labour et se nourrissent de larves que le versoir ramène à la surface. Les protéger serait certes un moyen de lutte de quelque efficacité. Malheureusement, le problème n'a pas d'issue pratique en Tunisie, les oiseaux insectivores trouvant avec peine des abris pour nicher ou étant tout simplement des espèces émigrantes ou de passage que rien ne saurait retenir.

Dans les zones dénudées par les vers, on note régulièrement, en janvier-février, la présence, aux pieds de rares touffes ou entre les touffes, d'entonnoirs aux bords et parois réguliers, même en terrain sec, ayant 3 à 4 centimètres de diamètre sur 2 à 4 de profondeur. On en trouve 5, 6, 10 au mètre carré. Ce sont des fouilles d'oiseaux. Les fientes et l'empreinte des pattes l'attestent. Vus en coupe, ces entonnoirs présentent à leur extrémité une loge réniforme, la loge du parasite qui vient d'être extirpé. Très souvent on recueille au fond de la loge et formant matelas, 7 à 10 fragments de feuilles ayant 5 à 10^{mm}

de longueur, nourriture habituelle des *Phyllognathus* et *Rhizotrogus*. Aucune indication ne peut être donnée sur le genre et l'espèce de ces précieux auxiliaires.

Les moineaux. — Toutes les espèces de moineaux sont insectivores au moment des couvées. Les hannetons adultes sont happés et l'abdomen des femelles est une nourriture appréciée des jeunes. Mais s'il détruit les insectes, il ne fait aucune distinction entre ceux qui sont utiles ou nuisibles à l'agriculture : Carabes et autres auxiliaires sont dépecés au même titre que les chenilles et larves végétariennes.

Discutables par ailleurs, les moineaux sont redoutés en Tunisie : ils s'abattent en effet, avec une rare violence parfois, sur les orges et les blés. En quelques jours certaines parcelles sont dévastées.

Les corbeaux. — Souvent, surtout en Tunisie, les corbeaux s'abattent dans les champs et de leur bec long et puissant atteignent les vers. Ils sont polyphages et, par là-même, à la fois utiles et nuisibles : larves, insectes, œufs, oisillons, fruits, chair fraîche et corrompue sont franchement acceptés.

Les corneilles, les freux, les choucas, l'étourneau en Europe, la bergeronnette, les alouettes, les pies, les chouettes, la huppe, la mésange, le pinson, le hibou, la buse, la cigogne interviennent plus ou moins utilement. L'alouette est souvent redoutée dans les céréales, l'étourneau l'est toujours dans les olivettes tunisiennes.

Les Mammifères. — Il serait bon d'acclimater, dans les cultures infestées, quelques mammifères grands destructeurs de hannetons larvaires. Les Insectivores et en particulier *Macroscellides*, le fameux rat à trompe du Sud tunisien, pourraient donner satisfaction.

Le hérisson. — Les reproches adressées aux oiseaux visent également les mammifères : le hérisson, *utile* à l'agriculteur en détruisant vers et limaces, est *nuisible* pour les chasseurs en saignant levrauts et lapereaux et en gobant les œufs de caille et de perdrix.

La taupe. — De tous les Insectivores, la taupe est certainement le plus actif; elle engloutit en douze heures, dit-on, une quantité de nourriture équivalente à son poids. Toujours affamée, elle détruit les habitants du sol : lombrics, millepattes, cloportes, larves et adultes des insectes. Toutes les larves de hannetons disparaissent rapidement dans son rayon d'action.

Elle creuse des galeries en tous sens. Guidée par son odorat vers n'importe quelle proie, elle va droit devant elle, coupe les racines qui entravent sa marche, déchausse les plants, bouleverse les semis, les plantations, amoncèle la terre sous forme de gênants monticules(les

taupinées) et, somme toute, masque ses bienfaits ou les annihile par des déprédations vraiment fâcheuses.

Son utilité est donc contestée. Elle n'est réellement avantageuse qu'en petit nombre. L'idéal, aux points de vue entomologique et agricole, serait d'utiliser les taupes, qui délarveraient rapidement un champ et de les détruire (par piégeage) lorsque leurs galeries deviennent par trop gênantes.

Musaraigne. — Avec cet insectivore, il n'y a pas à craindre les déprédations reprochées aux Mammifères précédents. Il ne creuse pas de galeries et s'alimente copieusement de cloportes, limaces, larves et insectes divers.

Acclimater pareils auxiliaires est une œuvre délicate. Elle pourrait être tentée dans les zones les plus favorabes à leur évolution.

IV. — Les Invertébrés

Les scolies. — Ces beaux hyménoptères, communs sur le littoral méditeranéen, sont des auxiliaires bien connus depuis une centaine d'années : Passerini, de Florence, les avait en effet signalés, en 1839, comme prédateur de *Oryctes nasicornis*, le vulgaire « Rhinocéros ».

Fabre les a étudiés aux dépens de *Cetonia*, *Phyllognathus* et autres Lamellicornes des mas de Sérignan.

Il n'est pas rare, en Tunisie, en automne et surtout au début d'octobre, d'observer des mâles volant à fleur de terre, d'un vol lent et soutenu, attendant, en vue de l'accouplement, la sortie des individus femelles; les femelles fécondées fouissent le sol et, guidées par l'instinct, trouvent des larves mélolonthoïdes, les paralysent et pondent un œuf dans la région ventrale de leur victime.

Leur parasitisme doit être pris en considération, surtout dans la bande littorale.

La Courtilière. — Ce gros Orthoptère, qui fuit avec aisance, évolue un peu partout, surtout dans les sols meubles ou fréquemment ameublis et dans les terres légères ou sablonneuses.

Il est omnivore : racines et insectes constituent le fond de son alimentation. Aussi, est-il redouté et combattu, le producteur ne constatant que les dégâts commis, dégâts que compensent cependant, dans nombre de cas, ses bienfaits.

Il coupe les racines ! Soit ! Il coupe les racines pour sa nourriture ou pour se frayer un chemin, une galerie, mais les vers blancs qu'il détruit ne les auraient-ils pas coupées à sa place ?

Quoi qu'il en soit, la courtilière est faiblement défendue et nul ne

songe à l'utiliser comme auxiliaire dans les jardins maraîchers, car elle bouleverse les semis, ravage les cultures de pommes de terre et, dans ce cas, les services qu'elle rend sont peu de chose à côté de ses dévastations.

B. — PENDANT LES SEMAILLES

Modalités dans les semailles

Semer en ligne. — La densité végétative retient les vers, retarde leur dispersion latérale, si faible soit-elle, et permet aux plants voisins de prendre de la vigueur, de mieux résister par la suite.

Semer dru. — Dans les zones de ponte, dans les parcelles intensément parasitées, il est utile d'obtenir sur les lignes la densité maximum, d'où rétention parasitaire et dégâts moins apparents.

Semer superficiellement. — Si la nature des terres, la topographie et la violence des pluies ne les contre-indiquent, les semis superficiels sont à préconiser dans les bonnes terres humides : les racines émises en plus grand nombre et le collet légèrement surélevé protègent quelque peu la plantule. Les semis à 3-5 centimètres paraissent les plus avantageux, les plantules tallant et doublant presque aussitôt tiges et racines.

Engrais rapides

Le nitrate de soude ou le nitrate de chaux, épandus dans les parcelles généralement attaquées, donnent aux jeunes plants une plus grande vigueur et leur accordent une résistance moins éphémère.

Il est de toute évidence que si pareille pratique conduit à des accidents végétatifs, et partant à la suppression partielle ou totale de la récolte, elle n'a plus sa raison d'être. Les indications tirées de la nature du sol et de la pluviométrie dictent au producteur la conduite à suivre.

C. — APRES LES SEMAILLES

Dès la levée, l'agriculteur est presque désarmé. Cependant, quelques essais de lutte sont encore à sa portée : les engrais rapides, la destruction directe, le roulage et, dans certains cas, les plantes-pièges.

Engrais rapides

En épandant des nitrates dès l'apparition des premières taches,

l'homme et la pluviométrie donnent un « coup de fouet » à la végétation et les plants se retrouvent dans les cas précédemment décrits. L'épandage doit largement encadrer la tache et les céréales de la périphérie, qui prennent un grand développement, forment une véritable couronne ou barrière de défense arrêtant net l'extension.

Destruction directe des vers

Un champ est un livre d'images largement ouvert. Chaque feuillet — ici chaque parcelle — relate avec netteté et précision, surtout aux cours des années à faible pluviométrie, le nombre, la profondeur et l'opportunité des labours, des semailles, la nature et la richesse des sols et, en un mot, l'habileté du cultivateur.

Si l'un des feuillets indique — malgré la lutte anti-larvaire entreprise avant les semailles — un parasitisme intense, il faut procéder à la destruction des larves mélolonthoïdes avant leur mouvement descendant.

Il faut s'y résoudre coûte que coûte : ces taches doivent être délarvées, nettoyées, désinfectées comme on désinfecte une plaie.

Tout cultivateur sait fort bien qu'une « tache » est improductive ou que la récolte donnée est de faible valeur.

Pourquoi laisser, à quelques centimètres, des milliers de vers, alors que de simples pratiques agricoles les détruisent ?

Les dégâts indiquent l'emplacement exact des parasites. Les céréales indemnes les limitent.

Le ramassage direct dans les jachères conduit les ouvriers dans des zones plus ou moins peuplées. Ici, les ramasseurs opèrent dans des taches à densité élevée. En les conduisant tôt à pied-d'œuvre, ils capturent non seulement les larves, mais les adultes avant la ponte; ce procédé de lutte présente donc des avantages réels. Si, pour des raisons diverses, il ne peut être réalisé, il faut piqueter ou repérer les taches et concentrer l'attention des ramasseurs, qui opéreront sur la jachère, en ces points et presque exclusivement en ces points.

Le ramassage direct peut faire place — et parfois avantageusement — aux toxiques : sulfure de carbone, sulfocarbonate de potassium, crud-ammoniaque, etc...

Le roulage

Quelques observations ont fait ressortir les résultats donnés par le roulage. Plusieurs facteurs, réunis ou dispersés, confèrent à cette pratique une plus ou moins grande valeur.

Pratiqué dans les terres relativement sèches, après une période non pluvieuse, le roulage conduit et répartit uniformément l'humidité en surface : les plantules en profitent, se développent, tallent et le tout se traduit par la formation de nouvelles tiges, de nombreuses racines et par une plus grande résistance.

Plantes-pièges

a) **Le laurier-rose.** — On a longtemps cru, et on le croit peut-être encore, que des baguettes de laurier-rose (ou des feuilles hachées) fichées sur le pourtour des taches arrêtaient l'extension des vers. En réalité, les vers décortiquent le laurier-rose et n'en sont nullement incommodés. Ce procédé date des Romains : « La Rouille (nielle), le plus grand fléau des moissons, passe, si l'on fiche des branches de laurier-rose. » Pline, XVIII-4, page 677.

b) **Légumineuses, graminées, salades.** — Dans un vignoble infesté on peut fort bien éloigner les parasites des racines en leur en offrant d'autres plus nombreuses ou plus tendres. De l'orge ou des fèves semées en lignes en automne attirent et retiennent les vers. Il faut les faucher ou les détruire par un labour en prenant la précaution de procéder au ramassage direct des parasites soulevées par la charrue.

Un second semis de fèves recueille les larves échappées aux ouvriers et préserve le vignoble des adultes en mars-avril.

Dans les pépinières on sème souvent à la volée des graines de salade, de laitue notamment, dont les racines charnues nourrissent et retiennent les vers. Les racines plus coriaces sont délaissées et les arbustes préservés.

Les feuilles s'étiolent et annoncent l'attaque : il suffit d'arracher les salades après une pluie ou un copieux arrosage pour entraîner et détruire de nombreux parasites.

CONCLUSION

Les vers blancs sont connus depuis la plus haute antiquité. L'agriculteur les a toujours redoutés et combattus. A-t-il trouvé, dans le temps, un procédé de lutte plus efficace et pratique ? C'est peu probable.

De leur côté, les naturalistes se sont ingéniés à rechercher le *moyen de lutte*.

Ils ont proposé des solutions dont le nombre et la variété prouvent la difficulté du problème.

La multiplicité des moyens de défense est à la fois une force et une dérobade. Il suffit de se reporter à telle pratique pour l'adopter, la discuter ou la rejeter ; le hannetonnage, par exemple, si judicieu-

sement appliqué en Europe, capture *Melolontha* et ne freine nullement l'évolution des genres voisins.

Conclure, dans un travail de ce genre, c'est classer et critiquer les différentes méthodes de destruction et de préservation.

Un classement n'est possible qu'en éloignant le praticien de son cas particulier. S'il en était autrement, l'un des moyens de lutte indiqués aurait quelque chance de trouver une application immédiate ou adéquate.

Que faut-il faire en Tunisie ?

Eloigner les femelles pondeuses ? Les apparitions échelonnées des adultes rangent ce procédé parmi ceux que ne peut accepter la grande culture. Tout au plus, peut-on préserver une pépinière, une parcelle destinée aux semis maraîchers.

Hersages et labours agissent par leur nombre; leur profondeur et leur opportunité. Leurs effets mécaniques se manifestent à la longue ou brusquement (hersage détruisant une série de pontes ou exposant de très jeunes larves à des prédateurs de passage) et leurs effets culturaux limitent les dégâts.

Le ramassage à la main complète les bons effets des labours. Cette vieille pratique, obligatoire en quelques pays, est la *seule* qui, avec le hannetonnage, ait toujours donné *satisfaction*.

Pièges lumineux, chaux et scories ne visent que des cas particuliers.

Tous les engrais masquent ou limitent les dégâts.

Ceux qui sont à la fois fertilisants et toxiques doivent retenir l'attention du producteur.

Sulfure, Carbure, Cyanures, Sulfocarbonate et autres produits dégageant des vapeurs toxiques ont leurs partisans. Leur efficacité est réelle, indéniable. Mais plusieurs facteurs en limitent l'emploi à la petite propriété ou aux cultures à fort rendement.

Malgré les résultats obtenus par ailleurs (*Carpocapse*, *Dacus*, vers des grappes, etc...), il faut renoncer aux Arséniates.

L'agriculteur compte toujours sur les auxiliaires : il doit les protéger et les multiplier.

Les engrais rapides, la densité, la profondeur et surtout la date des semailles ont une influence sur le départ et le degré de résistance des végétaux.

Enfin, après les semailles, la destruction directe est, avec le ramassage dans les jachères, le seul procédé de lutte susceptible d'arrêter net la multiplication des vers blancs.

LES ELATERIDES

Ce sont les taupins, espèces nuisibles à toutes les cultures, que l'on rencontre parfois dans les céréales en Tunisie (Pl. VI, fig. 13).

Leur évolution, étudiée en 1934 par GUÉNIAT, est de longue durée. Les adultes apparaissent au printemps. Ils sont omnivores et redoutent les fortes températures.

Au moment de la ponte, les femelles recherchent les sols humides, couverts, et les œufs sont émis à une faible profondeur. On les retrouve sous forme de chapelets à 5 ou 6 éléments. Chaque femelle peut déposer 150 à 200 œufs, organismes très sensibles à la sécheresse.

La jeune larve, transparente et brillante, recherche l'humus. Elle mesure 4^{mm} pour en atteindre 20 en fin d'évolution. Elle hiverne et au printemps les végétaux peuvent être attaqués, mais elle ne devient réellement phytophage qu'au printemps suivant. Cependant elle mue au printemps et en automne. Son évolution dure quatre ans. La nymphose a lieu entre 10 et 30 cm. dans une logette ovoïde.

Dégâts. — Les dégâts des taupins sont redoutés un peu partout. Les larves pénètrent dans les chaumes en creusant un orifice à la base. Les plants attaqués succombent.

Moyens de lutte. — Les fumures au fumier de ferme retiennent les jeunes parasites et permettent aux végétaux d'évoluer à l'abri de leurs mandibules. Le défaut de fumure gêne les jeunes larves et peut provoquer une forte mortalité. Le fait de recourir à l'assolement biennal est une cause de mortalité élevée.

Dans les régions à taupins, il faut éviter de faire entrer dans l'assolement une culture de légumineuses. Les légumineuses, en couvrant le sol, en maintenant une certaine fraîcheur, facilitent la ponte.

Il faut assécher les régions humides, également favorables à la ponte.

Les labours et hersages exposent les pontes au soleil.

Enfin, pour limiter les dégâts, il est prudent de semer dru, comme pour la Cécidomyie ou les vers blancs par exemple.

CURCULIONIDES

LE CHARANÇON DES GRAINS DE BLÉS IMMATURES
(*Pachytychius avulsus* Faust.)

Les dégâts de *Pachytychius avulsus* Faust, comparables à ceux de la première génération de *Sitroga*, ne sont décelés qu'à la moisson, au battage ou, mieux encore, à l'examen direct après frottement des

épis entre les doigts. On voit alors 1, 2, 3 et parfois 5 ou 6 grains par épi évidés, ridés, poussiéreux, légers et ne résistant pas au souffle qui, d'ordinaire, n'enlève du creux de la main que les glumelles et les barbes desséchées.

En d'autres termes, le parasitisme de *Pachytichius avulsus* Faust, qui n'est décelé qu'à la pesée, est grave, aussi grave que celui de la première génération de *Sitotroga cerealella* [1].

LE PARASITISME DES ESPECES RATTACHEES AU GENRE PACHYTYCHIUS

Le genre *Pachytychius* JEKEL (1886), dit BEDEL, habite une grande partie de l'ancien monde et paraît surtout concentré dans la région occidentale du bassins de la Méditerranée.

Quelques-unes de ses espèces ont un mode de vie connu : la larve de *P. haematocephalus* et celle du *sprarsulus* vivent dans les gousses des *Papilionacées*, la première sur les *Lotus*, la deuxième sur les *Sarothammus;* suivant PERRIS, la larve du *P. scabricollis* attaque les capsules de l'*Helianthemum guttatum*, plante de la famille des Cistacées (BEDEL).

Pachytychius avulsus Faust est commun au printemps, en Algérie-Tunisie. Cette espèce est spéciale au Nord de l'Afrique. Toutefois, on aurait signalé à SILVESTRI sa présence et des dégâts dans les céréales en Sicile.

Le Docteur NORMAND l'a rencontrée en Tunisie depuis longtemps dans les céréales, mais pensait qu'elle vivait aux dépens des légumineuses spontanées, comme les différentes espèces capturées dans n'importe quelle région tunisienne, en particulier au bord de la mer et dans les oueds sablonneux.

En outre, le Docteur NORMAND émet l'idée que des espèces voisines, et notamment *squamosus* Gyl. de la France méridionale, peuvent attaquer les céréales, à moins que les céréales soient des hôtes occasionnels.

L'espèce *avulsus* paraît si bien adaptée aux céréales qu'on se demande s'il s'agit bien pour celles-ci d'une plante de prédilection, d'un hôte définitif ou occasionnel. Il ne serait pas suprenant de trouver *P. avulsus* sur *Papilionacées*, comme on trouve *fuligineus* Debrochers sur les *Lotus*.

---

(1) Comportement de *Pachytychius avulsus* Faust (Charançon nuisible aux grains de blé immature) (*Annales du Service Botanique et Agronomique*) par TH. PAGLIADO et SEGUELA.

DESCRIPTION SOMMAIRE DE L'ADULTE ET LA LARVE

L'Adulte. — L'adulte est un petit Curculionide aux formes globuleuses mesurant $3^{mm}5$ à 4^{mm} sur $1^{mm}5$ de largeur. Sa coloration générale est brune, allant du brun clair au brun de poix.

Sur le rostre court et cannelé s'insèrent les antennes coudées, brun foncé, formées de douze articles munis de poils, les quatre derniers disposés en massue. A la base ressortent les yeux, noirs et hémosphériques.

Deux dépressions latéro-postérieures, séparées par un sillon unissant le bord antérieur au postérieur, s'observent sur le corselet, segment brun foncé, légèrement piriforme. Des poils courts et aplatis, blanchâtres, souvent disposés par deux, y sont uniformément rangés.

Trois rangées parallèles de vingt-deux minuscules cabochons disposés en chapelet sont placés de part et d'autre de la suture médiane des élytres. Une nervure, bien marquée, sépare les deuxième et troisième rangées. Une quatrième rangée est moins bien dessinée, et la dernière, oblique, courte et apparente, rejoint le bord externe de l'élytre à mi-distance de son point de départ. Entre les rangées, et particulièrement entre les deux premières, des plaques de cire blanche s'assemblent de manière à former des traînées qui contrastent avec le brun de poix de l'élytre. Ces plaques, lenticulaires, disposées avec ordre, forment entre la première et la deuxième rangées de cabochons deux lignes blanches et festonnées reliant le point d'attache de l'élytre à l'extrémité. Entre les autres rangées, les plaques ne descendent qu'au quart environ de l'élytre. Ces plaques s'effacent par la suite. Il y a au total quatre stries ponctuées par élytre, une nervure ou arête et une strie marginale ne dépassant pas l'épisterne métathoracique.

Les pattes sont robustes, velues.

Cinq articles recouverts d'une fine pilosité forment l'abdomen (Pl. IV, fig. 16).

La larve. — La larve, blanche, apode, à peine velue, armée de fortes et courtes mandibules, mesure à l'état adulte 5^{mm} de longueur; seule la tête contraste par sa coloration brune avec les autres parties du corps. On compte douze segments globuleux, sillonnés et munis de mamelons ventraux. Les stigmates, bruns, sont portés par les quatrième, cinquième, sixième, septième, huitième, neuvième et dixième segments. Deux dépressions dorsales marquent le neuvième segment. Les mamelons ventraux des segments thoraciques et la face dorsale des deux derniers segments abdominaux sont légèrement velus (Pl. IV, fig. 17).

QUELQUES NOTES SUR LE CYCLE EVOLUTIF DE PACHYTYCHIUS AVULSUS

Le cycle évolutif de *Pachytichius avulsus* a été étudié, en 1928 et 1929, dans les collections du Service Botanique et dans les cultures de l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis, sur diverses variétés de blés durs et de blés tendres.

Les apparitions d'adultes. — Les adultes apparaissent dans la deuxième quinzaine d'avril. A deux reprises, en 1928 et en 1929, les premiers adultes ont été capturés vers le 16 avril, et les premières pontées notées le 22 avril sur les épis en fleurs de la Richelle.

Il ne faut évidemment pas confondre les dates de capture avec celles d'apparition, mais il y a dans celles de *Pachytichius avulsus* Faust une indication suffisante qui précise le degré de parasitisme sur les variétés précoces ou tardives.

La Ponte. — Comme on se trouve en présence de variétés diverses de blés tendres et de blés durs, la ponte a naturellement lieu avant, pendant et après l'épiage.

Dans le premier cas, avant l'épiage, la femelle fécondée perce de son rostre la gaine et les feuillets protecteurs, se retourne et dépose un œuf dans la partie carénée de la glumelle externe (Pl. III, fig. 1).

Pendant et après l'épiage, la pondeuse recherche le même feuillet et loge en moyenne deux ou trois œufs, exceptionnellement huit ou dix, dans la région médiane de l'épi.

Chaque femelle pond, du 20 avril au 15-20 mai, 60 à 80 œufs.

L'œuf. — Teinté de jaune, semblable à un ovule de gélatine, l'œuf de *Pachytychius* mesure $0^{mm}480$ à $0^{mm}540$ de longueur sur $0^{mm}276$ à $0^{mm}300$ de largeur.

Une matière gluante, blanchâtre et propre à le faire adhérer aux glumelles, recouvre sa coque souple et translucide (Pl. III, fig. 2).

Les éclosions. — La durée d'incubation est variable : deux à cinq jour. Quelques heures avant l'éclosion, la larve se dessine, l'œuf est le siège de légers mouvements. Vue par transparence, la larve se présente sous la forme d'une massue ornée, dans la partie amincie, d'une tache sombre, la tête (Pl. III, fig. 3).

Dès son éclosion, la larve, qui se dégage lentement et souvent avec difficulté de la coque, cherche à pénétrer dans le grain laiteux (Pl. III, fig. 4).

Développement larvaire. — Dès le début de mai, la larve nouvelle-

ment éclose trouve avec certaines variétés, Irakié et Florence par exemple, une nourriture suffisante et normale : des grains laiteux.

Après avoir entamé le péricarpe et garni de mangeures le pertuis de pénétration (Pl. III, fig. 5), la larve s'enfonce lentement dans le grain.

La pénétration est normale ou tangentielle. Dans le premier cas (Pl. III, fig. 8), le péricarpe et l'assise à aleurone étant rongés, la larve se trouve immédiatement dans la zone laiteuse. Elle y creuse une loge (Pl. III, fig. 9), puis s'enfonce dans la substance.

Dans le second cas (Pl. III, fig. 6), la larve soulève le péricarpe, creuse un sillon qui se colore rapidement en roux entre le péricarpe et l'assise à aleurone et passe ensuite dans la matière nutritive.

Des granulations brunâtres indiquent nettement les points de pénétration.

L'orifice d'entrée est creusé en un point quelconque de la face dorsale du grain.

Dans ce cas, comme dans le premier, la larve creuse avant tout une loge de retournement; celle-ci et les premières galeries qui en partent sont marquées à l'extérieur par léger affaissement et par des taches claires (Pl. IV, fig. 10) au milieu desquelles, déchiquetés, roussis, surélevés, ressortent les orifices de pénétration.

On ne trouve, généralement, qu'une larve par grain.

Exceptionnellement, plusieurs larves peuvent vivre, au début, aux dépens du même grain. Mais le grain de blé ne peut alimenter qu'une larve, difficilement deux.

Cinq jours après la première atteinte parasitaire, les grains, poursuivant leur évolution, sont bien formés, mais de faible consistance. L'orifice d'entrée, toujours visible, nullement cicatrisé, fait tache au centre de la dépression. La larve circule dans la substance pâteuse et refoule dans le pertuis ses mangeures et excréments qui forment des amas irréguliers et brunâtres.

Extraite du grain et posée sur une lame de verre, la jeune larve, blanchâtre et transparente, se déplace lentement et ne réagit que faiblement au toucher et à la lumière.

Ordinairement, la larve n'attaque que le lobe correspondant au point de pénétration. Elle l'évite graduellement et remplace, ne pouvant plus les évacuer, la substance par les mangeures.

Ainsi évidé, le lobe présente un tégument légèrement affaissé, ridé et taché.

A ce moment, la larve, bien formée, se dirige insensiblement vers l'embryon, le dégage en creusant la substance qui l'entoure et finit par le ronger.

Cependant les adultes continuent leur ponte.

Ne pouvant plus loger leurs œufs dans des grains pâteux, ils visitent les épis tardivement formés pour une variété déterminée et recherchent les variétés à floraison moins hâtive (Richelle, Baroota-Wonder, Mahon).

Dans la deuxième quinzaine de mai, les grains se raffermissent; les larves, qui ont doublé et même triplé leurs dimensions primitives, attaquent des tissus de plus en plus consistants et nutritifs. Les grains présentent alors des bandes roussâtres irrégulières, affaissées (Pl. IV, fig. 12).

Dans le grain, la larve, d'un blanc crémeux, réagit fortement au toucher.

Le lobe primitivement attaqué est en partie creusé, le lobe opposé l'est à peine. On trouve dans le grain des mangeures, des granulations excrémentielles et les enveloppes de la mue.

Nymphose. — A la fin du mois de mai et au début de juin, les épis approchent de la maturité, les enveloppes se dessèchent. Et sur la couleur paille des glumelles les traces de piqûres ressortent nettement en rouge brique. Les grains durcissent et ne résistent plus à la pression des doigts. Ceux qui sont parasités attirent l'attention par leurs rides, leur consistance molle, leur couleur roussâtre et leurs taches grises ou enfumées, noirâtres en dernier lieu (Pl. IV, fig. 13). Puis, les larves les abandonnent et se laissent tomber sur le sol.

Dans le grain on ne trouve que des mangeures, des excréments bruns et noduleux, des exsuvies et, fréquemment, des moisissures (Pl. IV, fig. 14).

Les orifices de sortie sont diversement situés (Pl. IV, fig. 15).

Dès leur sortie, les larves s'enfouissent à une profondeur variable et se transforment en nymphe. L'adulte ne sera libéré qu'au printemps suivant.

CONSIDERATIONS GENERALES SUR LE PARASITISME DE PACHYTYCHIUS AVULSUS FAUST

a) **Milieu expérimental.** — Toutes les observations relatives à *Pachytichius* ont été faites en 1928 et 1929 dans les cages à hybrides du Service Botanique sur diverses variétés de blés tendres et de blés

durs : Irakié 231, Florence 135, Baroota-Wonder 52, Richelle 110, Mahon 73, Mahon 124, Biskri, Mahmoudi, Sbéi, Hamira et sur quelques variétés moins connues en Tunisie (Timilia, Marzatico, Wagenberg, Hallands, Dalas, Gelchsheimer-Sommer, Janetzkis, Fruchreiter, Nörikes). Ces variétés, à l'exception des dernières, dont il ne sera pas question, ont été semées tardivement, dans la première semaine de décembre.

Aux semis tardifs, qui modifient quelque peu le comportement de l'hôte et du parasite, il convient d'ajouter, pour les années 1928 et 1929, une température moyenne inférieure à la moyenne décennale.

Enfin, la proximité des bandes et parcelles, presque toujours ensemencées dans les cases, est un facteur favorable à l'évolution de l'espèce.

b) **Epoque de ponte.** — L'évolution, naturellement liée à la présence d'une nourriture suffisante et acceptable, est sous la dépendance directe de l'époque de ponte : les larves provenant de pontes hâtives et celles de pontes tardives, qui ne trouvent que des organes floraux ou des grains bien formés, succombent faute de nourriture ou en présence d'une nourriture qu'elles ne peuvent entamer.

Avant l'épiage et pendant l'épiage des variétés précoces, qui s'accomplit dans le courant de mars, on ne trouve sur les plantes aucun adulte (Irakié, Florence).

En avril, les épis des variétés à développement normal pour la Tunisie sortent de leurs gaines (Richelle, Baroota-Wonder, Mahon). Cet épanouissement coïncide avec les premières apparitions d'adultes. Les pontes sont nombreuses, plusieurs femelles se rencontrent sur le même épi et la formation des grains laiteux et aptes à nourrir les jeunes larves précède de peu les éclosions : toutes les circonstances favorables au développement de *Pachytichius* se trouvent alors réunies.

Au début de mai, et même fin avril, fleurissent les variétés tardives, les blés durs, aristés. Elles reçoivent, malgré la protection plus apparente que réelle de leurs barbes, les dernières pontes des adultes sortis en avril et celles des femelles retardataires.

En conséquence, on se trouve en présence de trois cas distincts :

a) Toute larve issue d'une ponte précoce ne peut qu'incomplètement s'alimenter aux dépens des organes floraux : elle succombe, et le grain avorte;

b) Toute larve se trouvant en présence d'un grain laiteux évolue et déclenche un parasitisme à redouter;

c) Toute larve se trouvant en présence d'un grain à téguments plus ou moins fermes ne peut que difficilement poursuivre son évolution.

c) **Degré de parasitisme suivant les variétés.** — Les pontes hâtives et les pontes tardives ne modifient pas sensiblement l'index parasitaire. Ce qu'il importe de connaître, c'est la période pendant laquelle le blé présente au Curculionide des grains laiteux au moment de la ponte en masse. Cette période — période dangereuse — donne, à peu de choses près, dans les conditions précitées, le degré de parasitisme de *Pachytichius* pour une variété déterminée de blé (Pl. V).

Théoriquement, les variétés très précoces et très tardives sont moins exposées aux attaques du charançon :

Irakié 231 et Florence 135 ont présenté, en 1928 et 1929, des grains laiteux susceptibles de recevoir des pontes en masse du 3 au 9 mai, soit 8 jours et 26,64 % des pontes.

Richelle 110 reçoit dans les mêmes conditions des pontes du 9-10 mai (ponte massive à la fin de la floraison) au 21 mai, soit 12 jours et 40 % des pontes.

Baroota-Wonder 52 et Mahon 73 et 124 en reçoivent du 13 au 21 mai, soit 8 jours et 26,64 % des pontes.

Biskri et la plupart des blés durs n'en reçoivent en masse que pendant 4 jours, soit 13,36 % des pontes.

d) **Facteurs entravant ou facilitant le parasitisme.** — En réalité l'évolution et le parasitisme peuvent affecter des formes différentes.

Avant tout, le parasitisme sur les divers blés cultivés en Tunisie est subordonné à l'époque d'apparition des *Pachytichius* adultes. Or, les apparitions d'adultes au printemps sont étroitement liées à plusieurs facteurs, dont quelques-uns, la température et la pluviométrie en particulier, ont ou paraissent avoir une égale influence sur les parasites et l'hôte parasité.

Cependant, un troisième facteur retarde ou accélère les sorties d'adultes : la profondeur à laquelle sont enfouies les nymphes.

A quelle profondeur trouve-t-on les nymphes ?

Les premières nymphes se forment dans la deuxième quinzaine de mai et les dernières au début de juin, avec les variétés tardives. Il y a donc un écart de 20 à 25 jours entre les premières et les dernières larves qui se nymphosent dans le sol.

Cet écart se traduit surtout par une pénétration larvaire plus ou moins profonde dans la couche arable.

Effectivement, en mai-juin, les pluies sont rares, le sol se crevasse

et son degré hygrométrique diminue sensiblement tous les jours. La terre durcit, les instruments la pénètrent difficilement, et, conséquence inévitable, les larves, qui se transforment tôt ou tard, s'enfouissent plus ou moins profondément. Beaucoup d'entre elles, surtout par période de sécheresse et lorsque la nature physique des terres s'y prête, sont arrêtées à quelques centimètres de la surface et semblent ne pouvoir se transformer ou n'avoir par la suite (labours qui exposent les nymphes à l'air libre et à l'action de leurs prédateurs) aucune chance de développement.

On trouve donc normalement des nymphes à différentes profondeurs, entre 4-5 cm. et 20-30 cm. C'est le cas général.

Si le sol a été ameubli par les pluies exceptionnelles de mai, les larves se rassemblent et se pymphosent à quelques centimètres près, suivant la nature des terres, entre 20 et 30 centimètres.

Si le sol est dur, très dur, les nymphes s'installent près de la surface, à quelques centimètres d'écart également, ou se glissent dans les crevasses.

Dans le premier cas (cas général), on note au printemps suivant, compte tenu des labours moyens qui sont effectués, des sorties d'adultes irrégulières, la sortie en masse ayant lieu de fin avril aux premiers jours de mai.

Dans le second cas, les sorties, assez régulières, ont un retard de quelques jours sur celles du cas précédent.

Dans le troisième cas, en dehors d'une mortalité élevée qui doit être envisagée et qui réduit d'autant le parasitisme, la sortie en masse se fait de bonne heure, dans la première quinzaine d'avril.

Suivant le cas envisagé, c'est-à-dire suivant la pluviométrie en avril-mai et la nature physique des terres, les apparitions seront hâtives ou tardives. Une différence de quelques jours dans les apparitions (d'une dizaine ou d'une quinzaine de jours par exemple) met telle variété à l'abri ou sous le coup d'un parasitisme plus ou moins grave.

e) **Eloignement de l'hôte support et ses conséquences.** — L'assolement biennal étant de règle et *Pachytichius* étant aptère, les adultes nés dans les anciennes parcelles à céréales (devenues jachères nues) doivent s'acheminer vers les champs cultivés. Le trajet que ces insectes doivent effectuer pour se poser sur les épis est un facteur important qui s'ajoute aux précédents pour protéger un certain nombre de variétés.

Ne pouvant trouver à temps leur nourriture, désorientés parfois,

meurtris, décimés par les intempéries de nombreux charançons, succombent en s'acheminant vers l'hôte éloigné.

A ces raisons, suffisantes pour expliquer un moins grave parasitisme dans la plupart des régions à céréales, s'ajoutent l'alternance des cultures et tous les éléments défavorables propres à ces diverses régions.

MOYENS DE LUTTE

Quelques parasites combattent *Pachytichius*. Deux Hyménoptères à larves ectoparasites sont assez communs dans la banlieue de Tunis. Ils n'ont pas été déterminés.

La lutte ne peut être que préventive. Elle découle des observations précédentes.

L'alternance des cultures doit être envisagée en premier lieu, l'espèce n'attaquant que le blé.

En second lieu, si les résultats de 1928 et 1929 peuvent être généralisés, il convient de s'adresser aux variétés les plus hâtives et les plus tardives.

On ne peut donc préconiser, en dehors de l'alternance des cultures, qu'une lutte de vitesse, lutte à laquelle concourent tous les artifices que la culture du blé met à la disposition des agriculteurs.

Mais en Tunisie, où la pluviométrie, si capricieuse, joue un rôle primordial, il serait imprudent de se baser sur des observations de si courte durée et, partant, de conclure et démontrer que les variétés les plus précoces et les plus tardives sont *toujours* à l'abri ou moins parasités que celles qui fleurissent normalement.

CHRYSOMELIDES

LES CRIOCERES DES CEREALES

(*Lema melanopus L.*)

L. Mesnil, qui a étudié en France l'évolution de *L. melanopus* L. et *L. cyanella* L., donne d'intéressants détails sur ces deux Chrysomélides (Pl. VI, fig. 3 et 4).

L. cyanella n'existe pas en Afrique. On trouve en revanche *L. melanopus* L. et *L. Hoffmannsegi* Lac. dans les céréales et sur les graminées spontanées (Normand).

L. melanopus L., à élytres bleus, corselet et pattes rouge ferrugineux, mesure 4 à 6^{mm}; les pattes de la seconde espèce sont noires.

Fusiformes et enveloppées d'un mucilage dans lequel flottent leurs excréments bacilliformes, les larves, qui mesurent 4 à 5^{mm}, vivent sur les feuilles des graminées.

C'est au printemps qu'apparaissent les adultes. Ils sont actifs, volent rapidement, creusent le parenchyme entre les nervures et, en mars-avril, déposent leurs œufs sur l'orge et l'avoine. Le blé serait attaqué en cas d'invasion massive (Sajo, Vassiliev).

Les larves se maintiennent sur les feuilles les plus proches de l'épi ou de la panicule et leurs dégâts sont comparables à ceux de l'adulte.

Ainsi creusées et dégarnies de leur parenchyme, les feuilles paraissent « blanchies » et se dessèchent rapidement : les épis se dégagent difficilement, les grains ne se forment pas ou mûrissent dans des conditions défectueuses.

La nymphose a lieu dans le sol, à 4-5 centimètres, dans une logette de terre durcie. Celle de *L. cyanella* s'effectue sur place dans une coque faite de salive séché et peu consistante.

L. melanopsus L., particulièrement redouté dans de nombreuses localités de l'Europe centrale, a causé des dégâts dans l'Est et dans la vallée du Grasivaudan.

D'après Sajo, la Hongrie, qui le connut à l'état indifférent entre 1863 et 1900, paya une lourde contribution en 1891, le criocère enlevant 40 à 45 % de la récolte.

Il n'en est rien en Tunisie : quoique assez commune, l'espèce est considérée indifférente ou très faiblement nuisible aux céréales.

L'ALTISE DES CEREALES

(*Chaetocnema hertensis* Geffr.)

L. Mesnil a observé le parasitisme de *C. aridulla* Gyll; Newton cite *C. hortensis* Geffr. dans les tiges d'orge sous sa forme larvaire; plusieurs auteurs russes associent le parasitisme des deux espèces également dangereuses pour l'Orge et l'Avoine.

L'adulte, vert métallique $2^{mm}5$, pond à la base des jeunes tiges; les larves creusent le support, l'affaiblissent, entravent la circulation et provoquent des perturbations générales comparables à celles des Diptères.

Plusieurs graminées sont exploitées par cette altise que le naturaliste trouve abondamment en Tunisie avec des formes différentes dans le Centre et le Sud.

On trouve en mai, par temps sec et chaud, de très nombreux Héliotaures (*Heliotaurus analis*) dans les blés.

Cramponnés aux épis, ils semblent, à première vue, vivre de grains laiteux ou pâteux.

Il n'en est rien, fort heureusement, car pareils insectes, au nombre de deux ou trois par épis, auraient tôt fait de détruire la récolte.

Appelés sur les épis par un tropisme, ils donnent, ainsi rassemblés, une impression étrange, rappelant, mieux qu'une image, la puissance parasitaire de certains insectes, le rôle destructeur qu'ils peuvent jouer à toute époque, même à la veille de la récolte, et la nécessité d'entreprendre en toutes circonstances une lutte aussi intelligente qu'énergique.

HYMENOPTERES

LE CEPHE

(*Cephus tabidus* Fabr.)

Il n'y a pas d'insecte qui frappe aussi brutalement les céréales que le cèphe : la récolte paraît normale, régulière, puis, peu avant la moisson, les épis blanchissent, échaudent; les tiges se couchent ou se brisent au moindre vent; les épis ne donnent qu'un grain léger, ridé, sans valeur marchande, ou ne recèlent, à la grande surprise du producteur, que des organes avortés.

Adulte. — Les ouvrages de vulgarisation décrivent surtout le cèphe pygmée, espèce voisine de *Cephus tabidus*. Ce dernier se distingue par les caractères suivants :

Pronotum et tête noirs; thorax noir brillant avec une petite tache blanchâtre sous l'insertion des ailes; pattes noires avec le côté interne des tibias antérieurs testacé; ailes subhyalines, grisâtres; abdomen peu comprimé, noir, avec les côtés des segments marqués de taches triangulaires testacées, plus ou moins grandes; pouvant simuler, par leur ensemble, une ligne latérale, plus ou moins large, testacée; ventre noir, légèrement taché aussi de testacé sur le côté. Longueur 9^{mm}; envergure 16^{mm} (Pl. VI, fig. 11); antennes de 20 à 22 articles.

Larve. — Toutes les larves appartenant à cette famille vivent dans

les tiges, les rameaux ou les chaumes. Seul l'état de souffrance du végétal qui les nourrit décèle leur présence. Elles se transforment dans les galeries où elles ont vécu après s'être enfermées dans une coque soyeuse, longue et souple (Pl. VII, fig. 16 et 17).

Celles des céréales sévissent souvent à l'état de fléau.

La larve de *Cephus tabidus* Fabr. mesure 10 à 15mm de longueur. Elle est blanche, glabre, munie de six petites pattes écailleuses et dépourvue de pattes abdominales; corps nettement segmenté, noueux; le thorax, qui est la partie la plus développée, lui donne un aspect gibbeux. Quand on la retire des chaumes, elle se dispose en hameçon ou en S.

Plantes nourricières. — *Cephus tabidus* Fabr. attaque en Tunisie le blé et l'orge. Il pourrait peut-être vivre aux dépens des Graminées des genres *Lolium*, *Hordeum*, *Elymus* et *Agropyrum*.

Distribution géographique. — Les auteurs le signalent en France, Angleterre, Suisse, Espagne, Algérie, Tunisie, Egypte, Italie, Allemagne et Syrie.

Cycle évolutif. — En mars, apparaissent, dans les céréales les premiers adultes. Ils survolent les épis d'un vol lent et continu, mais non dépourvu d'agilité et de brusques reflexes lorsqu'on peut les saisir. Pendant les journées nuageuses ou lorsque le vent souffle avec violence, ils se cramponnent aux chaumes ou aux feuilles les plus rapprochées du sol. Au cours de leurs déplacements, ils se posent sur toutes les plantes spontanées ou cultivées, sur toutes les fleurs qui peuvent les alimenter en eau et nectar.

Après fécondation, les femelles logent leur ponte aussi près que possible de la base des épis. Elles ne déposent qu'un œuf par tige. Chaque femelle, d'après l'examen des glandes ovariques, ne pondrait que douze à quinze œufs.

La période d'incubation est courte : six à dix jours.

Dès sa naissance, la larve, blanche et ténue, pénètre dans le chaume, en ronge l'intérieur et, sa tête noire tournée vers les racines, traverse les cloisons et parvient dans la région du collet. Cependant les parois internes du chaume, plus ou moins rongées, sont polluées d'excréments, de mangeures, d'exsuvies.

Peu avant la moisson, la larve, qui est située près des racines, taraude plus profondément encore l'intérieur du chaume de manière à ne laisser, en un point notamment, qu'une pellicule épidermique, fenêtre ou zone de moindre résistance qui livrera passage, au printemps suivant, à l'adulte.

Puis, ou fond de la tubulure, à fleur de terre et souvent en dessous, elle tisse un cocon transparent dans lequel elle passe l'hiver. La nymphose a lieu au printemps. Au-dessus du cocon s'amassent des mangeures qui, imbibées, forment une sorte de bouchon, véritable abri contre les pluies et l'action de certains prédateurs. Quelques larves ne ferment pas le cycle annuel : WILLCOKS en a conservé, en laboratoire et dans des chaumes secs, pendant près de cinq ans.

Nature des dégâts. — Les tiges se développent normalement, mais l'épi est décoloré — ce sont les épis clairs — dégarni de grains ou à grains petits et ridés. Minées sur toute leur longueur et particulièrement à leur base, les tiges ne peuvent résister à l'action du vent ou des chocs : elles versent, se coudent et souvent se brisent dans la région du collet.

En Tunisie, les dégâts du cèphe sont aussi redoutés que ceux de la Cécidomyie.

A part *Pediculoïdes ventricosus*, assez commun dans quelques régions, on ne peut compter que sur certaines fourmis pour juguler la multiplication de ce parasite.

Moyens de lutte. — On ne peut opposer au Cèphe que les moyens de lutte décrits au sujet de la Cécidomyie destructive : incinération et labours profonds.

LES FOURMIS

Le Docteur SANTSCHI, dont les études sur les fourmis sont mondialement connues, fait à juste titre une discrimination quant à la nocuité des espèces tunisiennes communes dans les céréales. Il cite :

1° Les espèces granivores qui emportent dans leur nid une quantité plus ou moins importante de grains au moment des récoltes.

Les fourmis qui opèrent de la sorte appartiennent surtout au genre *Messor*. SANTSCHI en donne la liste et les indications suivantes : *Messor barbarus* L., commune dans les terrains argileux; *M. mediorubra* Forel, plus petite, assez commune, mais moins active; *M. grandinidas* Sants., grande espèce plus rare, mais à colonie considérable; *M. minor* André et ses races et variétés; *M. sanctus* For., plus arénicole; le beau *M. arenarius* Rog., dans les terrains nettement sablonneux et les variétés *nigra* André, SGNTSCHI, FOREL, *ambigus* Santschi, *Capitatus* Latreille et *dentiscapus* Forel de *Messor barbarus* L. qui sont des formes plus ou moins communes, selon les terrains.

Leurs déprédations sont assez difficiles à évaluer. Pour DUCELLIER (1912), 50 à 100 litres de froment par hectare sont prélevés par *M. barbarus* L.

A cette liste, SANTSCHI ajoute les fourmis du genre *Equessimessor*, qui récoltent les graines du Drin (*Aristida pungens*); *E. lamerci* est la seule espèce trouvée en Tunisie.

2° Les espèces qui nuisent par l'intermédiaire des pucerons qu'elles élèvent sur les racines et les feuilles. C'est surtout le genre *Tapinoma* qui domine en Tunisie; *T. simrothi* Krauss est commun; *T. nigarrimum* Nyl et *T. erraticum* Nyl sont moins abondants.

La nocuité des *Tapinoma* est manifeste : le parasitisme des pucerons accéléré et entretenu s'orne d'un coefficient naturellement variable, mais toujours élevé.

Enfin, SANTSCHI cite des espèces utiles et notamment : *Cataglyphis bicolor*, *mauritanicus*, *albicans*, etc., et *Dorylus fulvus* et ses variétés, grands ennemis des fourmis et autres insectes.

DIPTERES

LA CECYDOMYIE DESTRUCTIVE

(*Mayetiola destructor* Say.)

Mayetiola destructor ou Cécidomyie destructive, Hessian fly ou Mouche de Hesse des Américains, est un Nématocère voisin des moustiques et des tipules auxquels il emprunte l'allure générale et la gracilité des membres.

Mâles et femelles atteignent 3 à 4^{mm} de longueur; corps effilé et noir chez le mâle; abdomen infusoriforme, rose carmin et dorsalement taché de noir chez la femelle. Pattes longues, grêles, fragiles, terminées par cinq articles; ailes transparentes, légèrement enfumées, fines antennes composées de 16 ou 17 articles.

Ce sont de *mauvais voiliers :* les vents violents les dispersent, les déportent en des parcelles plus ou moins éloignées, les perdent parfois dans les jachères, les avoines, les cultures arbustives et autres plantes ne pouvant recevoir les pontes ou alimenter les larves. Ils ne se lèvent que par temps calme et survolent, de l'aurore au crépuscule, les orges et les blés. La brise les conduit dans de nouvelles zones de ponte et facilite l'essaimage. La pluie les plaque sur le sol ou les organes foliacées; la boue les enlise.

On doit également les considérer comme de *mauvais marcheurs*, leurs pattes longues et grêles ne leur permettant que de simples dé-

placements sur les végétaux ou de courts et pénibles parcours dans les terres labourées.

Aussi, lorsque jouent par trop brutalement certains facteurs défavorables (pluies et vents violents), se maintiennent-ils à la base des chaumes, cramponnés aux tiges, aux feuilles, aux gaînes.

Ce tableau, rapidement brossé, donne aux faits présentés une valeur sensiblement égale. De nouvelles touches n'en feront que mieux ressortir les divers plans (Pl. VII, fig. 1, 2, 3 et 4).

La ponte. — Bacilliformes, légèrement incuvées, mesurant 0m/m5 de longueur, de teinte jaune orangé et déposés entre les nervures, près de la gaîne, les œufs, ainsi placés, résistent au vent, à la pluie et aux chocs. Ce sont généralement les feuilles les plus basses et les moins exposées aux rayons solaires qui reçoivent les pontes (Pl. VII, fig. 5 et 6).

Chaque femelle, et les femelles sont plus nombreuses que les mâles, en pond une centaine, cen cinquante parfois, plusieurs centaines d'après certains auteurs.

Le rayon d'action des pondeuses étant limité, les œufs sont confiés aux plantules voisines et, à moins d'une large et irrégulière dispersion opérée par le vent, l'aire de ponte, et par suite le parasitisme, se manifeste sous la forme classique de la traînée ou de la tache d'huile.

L'incubation est de courte durée : 2 à 8 jours.

La larve. — La larve, blanche, apode, vermiforme a une tête extrêmement petite et invaginée dans le thorax; le corps de la larve adulte ne porte pas de traces apparentes de segmentation et se présente sous forme de sac aplati, mesurant 5mm aux approches de la nymphose.

A peine éclose, elle rampe vers la tige, soulève la gaîne, s'installe et s'alimente.

Elle vit, en dehors de l'attaque automnale, légèrement enchassée dans les tissus. Aussi, doit-elle sécréter une salive irritante dans le but de provoquer, comme les moustiques par exemple, une prolifération, imperceptible ou nettement caractérisée, mais qui, surtout à la base des chaumes, disparaît rapidement pour faire place à une zone plus ou moins altérée et affaissée.

Plongée dans un véritable puisard, elle poursuit normalement son cycle vital. Deux ou plusieurs larves s'alimentent côte à côte, surtout au voisinage des nœuds et dans la région du collet.

La pupe. — Après une période évolutive dont la durée est limitée par le milieu et notamment par les facteurs nourriture, température et degré hygrométrique, la larve s'enferme dans un tonnelet ou pupe dont la coloration, les dimensions et l'aspect rappellent une graine de lin.

Les pupes reposent le long des tiges ayant alimenté la larve. Elles sont communes dans la région du collet. On en trouve parfois, réunies en chapelet ou engaînant le support, dix à vingt. Exceptionnellement, on en observe au voisinage des nœuds les plus élevés, sous l'épi (une seule observation) et apparemment sur les racines (en réalité au point de départ des talles disparus). Elles sont couchées le long de la tige, cachées ou non par les gaînes et leur coloration, d'un brun roux luisant, tranche singulièrement sur celle des tissus hospitaliers (Pl. VII, fig. 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 et 15).

Si le degré hygrométrique se maintient élevé, elles ne tardent pas à s'entr'ouvrir, à libérer l'adulte.

En mai, juin au plus tard, la sécheresse ralentit et suspend le cycle jusqu'aux pluies automnales.

Mayetiola destructor est redoutée dans la plupart des régions céréalières de l'Europe, de l'Asie occidentale, du Nord de l'Afrique et de l'Amérique.

Elle attaque l'orge, le blé et le seigle et certaines graminées sauvages.

En Europe, cinq ou six générations s'installent dans les cultures à partir de mars jusqu'en juillet-août.

En Tunisie, les mêmes céréales supportent, si les pluies de printemps sont favorables, un nombre égal de générations d'octobre-novembre à mai début de juin.

CYCLE EVOLUTIF EN TUNISIE

L'invasion. — En automne, et parfois dès fin septembre, début d'otobre, apparaissent dans les céréales *Mayetiola destructor* adultes en plus ou moins grand nombre.

Ils proviennent des pupes estivales ramenées à la vie active par l'abaissement thermique et l'élévation du degré hygrométrique.

Nés dans les parcelles moissonnées, ils se rendent dans celles nouvellement ensemencées soit par leurs propres moyens, soit avec la complicité du vent.

Les naissances sont quotidiennes et la période d'invasion d'assez longue durée : quinze à vingt jours, un mois peut-être.

C'est par centaines de milliers ou par millions qu'ils éclosent. C'est par dizaines ou par centaines seulement qu'ils arrivent.

Quelles en sont les raisons ?

Elles sont multiples et complexes.

Les arrivées échelonnées, leur concentration ou leur dispersion, et par là-même les modalités dans le parasitisme, ont surtout à l'origine un décalage dans les éclosions dépendant du degré hygrométrique, de la nature du sol, de la profondeur d'enfouissement des pupes et des questions relatives à la température, à la topographie, à l'éloignement de l'ancienne à la nouvelle parcelle de céréales et à la direction et vitesse des vents.

La première attaque, les dégâts. — Parvenus dans les orges et les blés, mâles et femelles se rapprochent et la ponte commence.

Les jeunes céréales reçoivent, suivant l'âge, leur vigueur et la densité cécidomyiaire, un ou plusieurs œufs.

Dans la plupart des cas, les pondeuses accordent leur préférence aux pousses les plus fortes, les plus riches en sève.

Mais en dépit de leur vigueur, les organes attaqués sont trop jeunes pour réagir ou insuffisamment armés pour provoquer la formation d'une simple prolifération cellulaire ou zone d'éphémère résistance.

L'attaque est brutale : une myiase se produit.

Et lentement, parallèlement à l'évolution parasitaire, le plant s'étiole, jaunit et succombe.

Malheureusement, la mort du végétal coïncide souvent avec la dernière phase évolutive de la larve, avec la transformation en pupe et, à moins que plusieurs parasites ne s'acharnent sur le même sujet et meurent faute de nourriture, la première génération de la cécidomyie est assurée.

A l'arrachage, toute tige attaquée présente à sa base, dans la zone en décomposition, une ou plusieurs larves et, dans un stade plus avancé, des pupes.

Le parasitisme se reconnaît de loin par des plages irrégulières, à végétation jaune et languissante tranchant sur le beau vert des plantules indemnes.

L'aspect général est celui d'un champ pauvrement ensemencé, clairsemé.

Les pousses rares et malingres donnent également l'impression d'une parcelle dont la végétation a été enlevée par une pluie torrentielle et dans laquelle seules les plantes les mieux enracinées ont résisté à la tempête.

Dans certaines plages, les 9/10es de la récolte sont détruits et ce qui reste sera la proie des générations futures.

Les dégâts des individus de première invasion sont d'une réelle importance.

Attaques successives d'hiver et de printemps. — Les pupes des individus de première apparition se trouvent en présence, dans le courant de décembre-janvier, d'un degré hygrométrique suffisant, mais de températures relativement basses.

Plantes et parasites se réclament, à peu de chose près, des mêmes éléments. Aussi note-t-on, de part et d'autre, une évolution au ralenti.

Et, insensiblement, puis brusquement dès que le mercure s'élève, la seconde génération s'évade en janvier, février au plus tard.

Une nouvelle ponte est glissée entre les nervures, et les larves apodes rampent vers l'axe central; leurs piqûres déterminent d'abord la formation d'hypertrophies cellulaires dans lesquelles les vers, enchassés et sans mouvements, se nourrissent, muent, évoluent.

Au cours de cette phase évolutive, le vent a moins de prise : les adultes, mieux protégés, se cramponnent aux feuilles de la base.

Cependant, l'humidité conduit les pondeuses aux divers étages végétatifs.

Si la période est sèche, les femelles confient leurs œufs à la base des tiges : les larves y trouveront toujours humidité et nourriture.

Si la période est humide ou si au moment de la ponte le degré hygrométrique est élevé et le temps couvert, les adultes, hygromètres précis, n'hésiteront pas à les donner aux feuilles placées aux étages supérieurs, quitte, dans ce dernier cas, à ne pas assurer à leur descendance nourriture et protection absolue.

L'indice vigueur de la plante, ou index spécifique, marquerait automatiquement à lui seul, s'il n'était influencé par les conditions du moment, la zone de ponte.

Installant sur l'orge et le blé des individus toujours plus nombreux, les générations aggravent le parasitisme existant.

Parfois, avec les bonnes pluies de mars-avril la plante lutte de vitesse et résiste. Mais une pluie de quelques millimètres seulement, nullement avantageuse pour le végétal, remet en activité les pupes et déclenche une nouvelle et dangereuse attaque. La sécheresse en mars-avril-mai, préjudiciable à la plante, l'est davantage pour le parasite puisqu'elle *suspend son cycle*.

Cependant la récolte s'en ressentira : insuffisamment alimenté, l'epi se garnira de grains légers, ridés, pauvres en amidon.

L'accident le plus commun, le plus redouté, est la cassure du chaume.

Au point de rupture brillent une ou plusieurs pupes.

En avril-mai, dans les zones clairsemées, une végétation luxuriante remplace la céréale et un botaniste dénombrerait avec les vesces, les coquelicots et *Chrysanthemum coronarium*, espèces dominantes, des plantes appartenant aux familles les plus diverses.

La dernière manifestation parasitaire. — En mai, la sécheresse s'affirme, la température s'élève et, déjà, la plante conduit à l'épi le meilleur d'elle-même.

Une pluie de quelques millimètres, *pluie indispensable*, assure la levée de la dernière apparition d'adultes.

Température et sécheresse, qui, en d'autres époques, ont placé les pontes vers les étages inférieurs, à quelques centimètres du sol, les insinueront le plus bas possible, près des racines. Et de la sorte, les larves seront à l'abri d'une luminosité trop vive, de la déshydratation.

Et sous le couvert d'un certain taux d'humidité elles creuseront une logette, simple affaissement cellulaire, ou par leurs sécrétions tarauderont le chaume qui, en ce point de moindre résistance, se brisera au premier vent.

Les tissus, incapables de réagir, ne s'érigeront plus en galle; mais ils n'en alimenteront pas moins, aux dépens de l'épi, la dernière larve de la dernière génération de cécidomyies.

Les cassures et courbures sont nombreuses.

Rassemblées par la nécessité à la partie inférieure des chaumes, les larves donnent, en mai-juin, des pupes qui, incrustées dans les tiges, passeront l'été et ne répondront qu'à l'appel des premières pluies d'automne.

Très souvent, les pupes fixées aux éteules ont une formation antérieure, pouvant remonter au mois de mai et même à celui d'avril (question de sécheresse) et recèlent les adultes de troisième ou quatrième génération.

Abandonnées par les instruments de récolte, elles suggèrent au praticien l'idée de destruction par le feu et, par là-même, l'anéantissement du parasite (Pl. VIII, fig. 1).

ACTION DU MILIEU

Rôle joué par les premières pluies d'automne. — Après la moisson, vivent donc, à l'état latent et fixées aux éteules, les pupes de cécidomyies.

Parfois, un labour les enfouit : suivant le jeu du versoir et leur hauteur d'emplacement sur les chaumes, elles restent en surface ou se trouvent réparties à 2, 10, 15, 20 centimètres.

Comme elles exigent à la fois une température modérée et de l'humidité, les pupes en surface et les moins recouvertes mettent en liberté, dès les premières pluies, les délicates mouches de Hesse.

Dans les terres motteuse ou fissurées, les plus profondément logées ne sont remises en activité qu'avec des précipitations plus importantes.

Et il y aura de ce fait un échelonnement correspondant à la pluviométrie de la région considérée.

Comte, conservant en milieu sec des pupes pendant un an, leur redonnait l'activité en les plaçant sous une cloche humide. Les moindres pluies automnales conduisent au même résultat.

Les pluis d'automne sont donc favorables au développement de l'espèce.

En revanche, l'adulte est jugulé par les *séries pluviométriques.*

Rôles joués par la nature du sol et la pluviométrie. — L'indice vigueur de la céréale domine l'index parasitaire, et ses leviers de commande sont d'une puissance telle que la moindre modification manœuvre le cycle des compétiteurs.

Mayetiola destructor recherche avant tout vigueur et densité végétatives. Aussi, lorsque l'hiver est *relativement sec*, s'installe-t-il, de préférence, sur les céréales les plus vigoureuses.

Et sur ces plantules attractives, sauvegarde des céréales moins armées, il n'est pas rare de compter 10 à 20 parasites.

En l'absence de la mouche, cette période est toujours redoutée. En sa présence, ou plus exactement en présence de l'attaque larvaire, un désastre est à craindre : la plante, qui s'est organisée pour vivre normalement, se trouve brusquement en face de perturbateurs dangereux : le parasite et l'insuffisance alimentaire.

Harmonisant sa vie avec les conditions du milieu, elle en épousera les courbes évolutives et si les réserves nées des préparations culturales ne lui viennent en aide et si le parasitisme aggrave une situation déjà compromise, la plante fléchira à la première modification adverse.

Alors les feuilles s'inclinent, leur teinte grisonne, le végétal se courbe et succombe.

En supposant même, lorsque l'atteinte et l'état d'affaissement sont

prononcés, le retour et la fusion des éléments favorables, il faut néanmoins tenir compte de la possibilité de redressement de la céréale.

Parfois il est trop tard.

Si la période est pluvieuse ou si la pluviométrie est normalement répartie, les plants vigoureux résistent au parasite et seuls le redoutent ceux des terres mal préparées ou épuisées.

Dans les cultures les moins soignées, la résistance s'appuie sur les arguments de passage et s'effondre parfois sous les seules attaques parasitaires : toute faute culturale — et les observations ne font pas défaut — est immédiatement exploitée par les compétiteurs adverses, parmi lesquels (en tête desquels souvent) s'inscrivent les insectes.

En dehors des négligences ou fautes culturales et de la sécheresse contre laquelle l'homme lutte parfois victorieusement, la pluviométrie automnale excessive peut avoir, dans les terres légères, une répercussion fâcheuse sur le déroulement des cycles animal et végétal [1].

Observations. — A Bou-Ficha, pluviométrie de la campagne agricole 1931-1932 arrêtée fin décembre : 449^{mm}4, terres fortes, terres légères, terres franches. Dans les zones cécidomyiées, l'indice vigueur se met nettement en évidence et marque, selon le cas, des attaques plus ou moins dangereuses.

a) Les terres fortes, ensemencées fin novembre ou décembre, sont couvertes d'une végétation assez vigoureuse pour supporter les invasions d'hiver et de printemps.

b) Les terres légères, ensemencées à la même époque, lessivées par la pluviométrie exceptionnelle, appauvries et incapables de réaction, n'ont que fort mal résisté aux parasites de seconde invasion.

Sol et pluviométrie, ayant modifié l'indice vigueur ou l'index résistance, ont eu, conséquence inévitable, une profonde répercussion parasitaire (Pl. VIII, fig. 3).

La pluie, agent défavorable pour l'adulte. — La Cécidomyie, petite mouche aux longues pattes, « se noie dans la moindre goutte d'eau », s'enlise dans les sols très humides ou détrempés et ne peut s'évader lorsque la buée la plaque sur une surface lisse, sur une vitre par exemple.

Aucun contraste n'est plus frappant : la pluie, nécessaire à la pupe, est néfaste à l'insecte parfait.

---

(1) Il n'est question que des précipitations massives. Les pluies légères et quotidiennes, les séries pluviométriques si l'on veut, ont en revanche, une répercussion heureuse, car elles annihilent la dispersion et parfois le parasitisme.

L'exemple suivant relate une observation que de nombreux colons pourront signer :

« En mars 1933, visite des propriétés et conférences. Dans le centre de Ségermès, l'un des plus touchés, les cécidomyies survolent les céréales au nombre de plusieurs centaines au mètre carré.

« Léger et tiède, le vent joue son rôle habituel.

« Les mouches de Hesse, au vol lent et soutenu, mais aux reflexes aussi rapides que ceux des moustiques, échappent aisément, en dépit du nombre, à la main de l'observateur.

« Elles se posent, se lèvent et s'envolent à leur gré.

« Cependant, les femelles alourdies parviennent au collet et se livrent à la ponte.

« L'agriculteur, effrayé par leur nombre, pense aux dégâts à venir. Ses habits en sont couverts et sur le pare-brise des voitures, étalés comme dans une collection d'insectes, mâles et femelles, désormais immobiles, voisinent et s'enchevêtrent, formant un vitrage du plus curieux effet.

« Lorsqu'on traverse une parcelle, des essaims se lèvent, tourbillonnent et se perdent dans une tache d'ombre.

« En résumé, tableau saisissant, donnant une idée très nette de la puissance parasitaire du minuscule insecte des orges et des blés.

« Une bonne pluie — à la rigueur une précipitation de quelques millimètres seulement — réduirait à néant l'index cécidomyiaire ou la puisance destructive devant laquelle, impuissants, quinze à vingt observateurs se trouvaient.

« Cette pensée, exprimée au cours d'une journée ensoleillée, s'apparentait à une véritable gageure et peut-être à une simple boutade, à un mot de consolidation ou d'espoir.

« Le lendemain, de très bonne heure, une pluie de 11 millimètres s'abattit dans la région de Ségermès.

« Le surlendemain, quelques colons voulurent vérifier les affirmations données au cours de la visite de propriétés et des conférences et furent surpris, traversant les parcelles en tous sens, de ne plus rencontrer la moindre trace cécidomyiaire. »

Si les colons, dont le tiers des plants ont été détruits à la levée, ont néanmoins récolté, il faut l'attribuer en majeure partie aux pluies de février-mars qui ont arrêté net la progression cécidomyiaire au seuil de la troisième génération.

Les « séries pluviométriques » sont encore plus dangereuses pour la mouche : malgré l'enchevêtrement qui existe dans les générations, les adultes nouvellement éclos sont enlisés ou plaqués sur les feuilles,

au fur et à mesure de leur naissance, avant d'avoir pu déposer la moindre ponte.

Et si quelques-uns d'entre eux échappent à la noyade et à l'enlisement, et s'ils peuvent s'accoupler et pondre, ils ne laisseront, en définitive, qu'un contingent à potentiel parasitaire peu élevé.

Et voilà comment la cécidomyie, gravissant tous les échelons, se montre sous différents aspects dont les principaux peuvent être intitulés : inoffensifs, inquiétants, dangereux, calamiteux.

Grâce aux séries pluviométriques, l'insecte peut donc disparaître d'une contrée.

Cependant, les régions les moins favorisées à cet effet en assurent le développement et, plus tard, avec la complicité du vent, la dispersion.

Il y a donc des zones de prédilection, des zones-mères et des régions périodiquement envahies ou régions-filles qui, par la suite, si le milieu s'y prête, serviront de berceau à l'invasion cécidomyiaire. Et de proche en proche se formeront, dans toute contrée favorable, des nids dont les individus ne chercheront qu'à s'étendre, qu'à multiplier l'espèce (1).

Rôle joué par les variétés. — Ici encore, toutes choses étant égales, parasitisme et vigueur des variétés ont une marche parallèle, mais de sens contraire.

Il n'est question, de toute évidence, que des variétés conservant leur vigueur de la levée à la moisson.

Toute céréale dont la puissance végétative est factice succombe à la première manifestation parasitaire.

La cécidomyie destructive, semble-t-il, n'est réellement inquiétante dans les blés que depuis une vingtaine d'années. Comte signalait en effet, en 1911-12, l'anéantissement des orges, alors que les blés étaient faiblement atteints. Et, ajoutait-il, les orges les plus attaquées sont celles des terrains les mieux préparés.

C'est exact. Le choix alimentaire conduit l'insecte sur les pousses les plus vigoureuses : l'orge plus riche en eau est préférée à la plupart des variétés de blé.

Cependant, l'anéantissement des orges du domaine de Saint-Cyprien en 1911-1912 a pour point de départ soit un parasitisme d'une exceptionnelle intensité, soit une pluviométrie printanière défectueuse, soit enfin, ce qui est possible, les deux causes réunies.

---

(1) Les séries pluviométriques enregistrées au cours de l'année agricole 1934-1935 n'ont permis à la Cécidomyie que de brèves ou rares installations dans la plupart des régions céréalières de la Régence. Le parasitisme fut nul.

Quoi qu'il en soit, l'observation de 1911-1912 prend place dans le chapitre précédent.

En période normale et à parasitisme comparable, l'orge se défend mieux que les blés. Les variétés de blé à départ rapide, le Mahon et le Baroota, par exemple, sont dans le même cas, du moins au début du cycle végétal. Celles peu vigoureuses au début, telles la Richelle, succombent dès les premières atteintes.

La propension au tallage, à l'enracinement et en un mot l'adaptation au milieu sont les sources auxquelles doit recourir le praticien.

Rôle joué par les engrais. — Le rôle des engrais, trop influencé par la pluviométrie automnale, manque parfois de précision : le nitrate de soude épandu à raison de 100 kilos à l'hectare en janvier, a donné, grâce aux fortes précipitations de décembre-janvier, une différence en sa faveur.

Les superphosphates, à 3 ou 400 kilos à l'hectare, semblent n'avoir provoqué aucune réaction. Seuls les emplacements ou dépôts sur le terrain de sacs de super, et par là-même une fumure involontaire extrêmement élevée, offrent une végétation luxuriante, riche en épis.

Quelques bandes traversant des terres où la chaux domine donnent des pousses denses et vigoureuses.

Toutefois, en temps normal, *les parcelles fumées au superphosphate présentent une résistance marquée.*

Rôle joué par les façons culturales. — Dans la région de Bou-Ficha et dans les régions similaires, les bonnes préparations culturales (un gros labour, trois recroisements, desherbages et super) assurent généralement, en dépit d'un parasitisme constant, une récolte moyenne, une maigre récolte si l'on veut.

En d'autres termes : terrains convenablement préparés et variétés adaptées au milieu donnent des plantules attractives. Si la pluviométrie est convenablement répartie, une différence assez sensible dans la récolte sera la marque parasitaire. Dans le cas contraire, une dîme sévère sera prélevée.

Dans les terres négligées et par trop influencées par les pluies d'automne, les mêmes remarques, *mais plus accentuées*, se font jour. Et se feront jour les moindres atteintes, alors que, précédemment, seules les fortes et les moyennes impriment leur cachet.

Ici triomphent, indiscutables, les effets dérivés des meilleures pratiques agricoles.

Rôles joués par la nature du sol et la profondeur des labours. — Suivant la profondeur des labours d'été, les pupes, en nombre indé-

terminé, se trouvent donc réparties entre 1 et 25 ou 30 centimètres et libèrent plus ou moins tôt la forme ailée.

Mais si les nymphes les moins bien placées obéissent aux mêmes conditions de réviviscence, il n'en est pas moins vrai que leurs adultes éprouveront de sérieuses difficultés pour parvenir en surface.

N'étant pas disposés pour fouir, bien peu arriveront à leurs fins. Les plus favorisés, à moins que leurs ailes ne soient lacérées par les aspérités du sol, seront enlevés par le vent et conduits à l'aventure.

Naturellement, les adultes éclos dans les terres fortes seront moins avantagés que ceux des sols légers ou sablonneux (Pl. VIII, fig. 6).

En ne considérant que le rôle joué par les pluies, la profondeur d'enfouissement et la nature du sol, on peut aisément le comparer à celui d'un réservoir, irriguant pendant une période de quinze à vingt jours et par le simple jeu des lignes de pente des bandes diversement orientées.

Toute parcelle récemment moissonnée est un réservoir à cécidomyies et les céréales voisines seront parasitées en octobre ou en novembre (Pl. VIII, fig. 2).

Rôles du vent et de la topographie. — Mais le vent schématise à plus grands traits, happant les adultes et jouant par là-même pour ou contre l'homme, il les conduit ou les perd dans le vaste échiquier agricole où les orges et les blés, nourriture habituelle des larves, alternent avec les jachères, les fourrages, les fèves, les avoines, les cultures arbustives.

Sans la complicité du vent, le parasitisme serait, en raison du faible moyen d'action de *Phytophaga* adultes, considérablement réduit.

Mais sous sa forme habituelle, capricieuse à l'extrême, le vent est à la fois partenaire et adversaire : il prend l'insecte et, par ondes successives et irrégulières, le disperse, l'égare, le reprend pour le conduire toujours plus loin, ou le ramener au point de départ, et par là-même élargit ou concentre, atténue, annule ou accentue le parasitisme.

Et le réservoir, balayé par le vent, livrera et dispersera journellement ou par intermittence, les pondeuses nouvellement écloses dans les zones les plus diverses, peu importent les distances et la nature des récoltes.

Et par la suite, il désinsectisera automatiquement certaines parcelles en leur enlevant les adultes des générations futures pour les perdre ou les installer dans d'autres qui en seront au stade de primitive invasion ou chez lesquelles le parasitisme sera singulièrement aggravé.

Les mouvements de terrain, les monticules, les dépressions, la topographie, en un mot, brisant ou canalisant les courants aériens, permettent une foule de remarques dont l'exemple suivant n'est qu'un type se prêtant à toutes les combinaisons possibles (Pl. VIII, fig. 5).

Rôle joué par l'éloignement. — En principe, l'éloignement ancienne-nouvelle parcelle à céréales diminue les risques parasitaires.

La bande A recevra, à moins d'une action par trop capricieuse du vent (cas observés), beaucoup plus de parasites que B, C, D, E.

De cet exposé ressortent, avec l'action du milieu dont les leviers de commande sont d'une extrême puissance, les résultats satisfaisants dérivés d'un labour profond d'été, ceux plus aléatoires basés sur l'éloignement et la nature du sol et les effets contradictoires du vent (Pl. VIII, fig. 4).

Rôle joué par la date des semailles. — L'opportunité des semailles, ou plus exactement une levée générale coïncidant avec la disparition des dernières pondeuses, annule le parasitisme.

La démonstration en est facile :

Dès leur naissance, conduites ou non par le vent, les mouches s'efforcent de placer leur progéniture sur les céréales hospitalières.

A part les semis spontanés et en dehors de quelques herbes sans importance, elles ne trouvent ni orge, ni blé.

Et dans leur recherche, elles se dispersent, s'égarent, s'épuisent.

Vivent-elles longtemps ?

Leur longévité est sous l'étroite dépendance du milieu. Aussi est-lle variable. Mais il semble bien qu'elle ne dépasse pas 30 ou 40 jours en automne, deux ou trois semaines en mars, une ou deux en avril-mai.

Autrement dit, les mouches nées au début d'octobre succombent dans la première quinzaine de novembre.

Mais comme les éclosions s'échelonnent sur une ou deux semaines, pareil décalage intervient en étirant la période ou menace d'invasion.

L'exemple suivant donne une idée des phénomènes susceptibles de se dérouler dans n'importe quelle région du Centre et du Nord de la Régence :

Une forte pluie survenant le 1er octobre met aussitôt en liberté les adultes les mieux placés; les autres prendront leur essor jusqu'à mi ou fin octobre. Les premiers nés s'éteindront au début de novembre, les derniers dans la deuxième quinzaine de novembre.

En tenant compte des données de cet exemple, les semailles de fin octobre n'élimineraient qu'un faible contingent de parasites.

Avec les semailles moins précoces on jouerait sur de plus grands nombres.

En semant fin novembre, l'invasion serait théoriquement évitée.

Avec les pluies plus hâtives, les pluies de fin septembre, la menace d'invasion est déportée d'autant et les blés levant, après mi-novembre, seraient à l'abri des dernières pontes.

Dans le cas d'un automne sec, la même marge (date de la première bonne pluie-date des semailles) devrait être observée.

En d'autres termes, il faut affamer la première génération en retardant en conséquence les semailles.

Mais ces déductions ne doivent pas éloigner le praticien des considérations ayant leur portée habituelle et le conduire à des opérations risquées : *la suppression de l'aliment pourrait l'amener à des semailles trop tardives s'apparentant mal avec le milieu, les variétés et plus mal encore avec un autre parasite : le ver blanc.*

Thèse entomologique et thèse agricole s'allient ou s'affrontent. S'il y a contre-indication formelle, l'entomologiste s'efface dans la majorité des cas et recherche de nouveaux moyens de lutte.

Cas de Bou-Ficha. — Suivant le dégré thermique, la pluviométrie, la profondeur des labours et la nature du sol, l'échelonnement est progressif et régressif et, à ce sujet, aucune donnée précise ne peut prendre place dans cet exposé par trop spéculatif.

Cependant, à Bou-Ficha, à Djeradou et à Ségermès, une vingtaine d'observations ont attesté, en 1931-1932, la valeur des données précédentes (1).

La cécidomyie n'entre pas exclusivement en jeu. Il serait puéril de l'affirmer en présence du perpétuel conflit des éléments en compétition.

Façons culturales, sol, engrais, assolement, température, pluviométrie, auxiliaires et parasites forment un bloc. Chaque élément y a sa place. Il dépend du voisin ou le meut. Il est arrêté, entravé, mis en marche, manœuvré, pénétré, modifié; la disparition de l'un entraîne celle des autres, les enchaîne, les divise ou les favorise; il y a des nuances, des degrés, des questions de plus ou de moins; certains éléments pèsent lourdement, d'autres sont passagers, sans valeur

---

(1) Les observations qui suivent ont été faites en grande partie par M. MURAT, ingénieur E. C. A. T., à Djeradou et par M. CŒYTAUX, ingénieur E. C. A. T., colon à Bou-Ficha et à Ségermès.

apparente... Et entre ces éléments s'insinuent et jouent, plus qu'on ne pense, les facteurs indéterminés, les inconnues, les impondérables. Le tout constitue le milieu, l'ambiance : nœuds gordiens ou écheveaux souvent indévidables.

Dans ce chaos, cependant, la pluviométrie et l'époque des semailles, notions objectivement connues, paraissent se dégager avec netteté et donner au parasitisme sinon une note définitive de moins pas trop arbitraire.

Dans le graphique (Pl. IX, fig. 1) mentionnant la pluviométrie, l'éclosion des adultes, la ponte, l'évolution larvaire, la nymphose, les dates des semailles, l'index parasitaire (bande horizontale noire) et les céréales respectées (bande horizontale blanche) ressortent les fait suivants :

1° Les semailles du 25 octobre et du 2 novembre ont été visitées par les derniers adultes de *Mayetiola destructor*, éclos dès fin septembre (pluie de 36 millimètres).

Parasitées dès la levée, elles n'ont donné, suivant le cas, qu'une végétation clairsemée, très clairsemée, nulle;

2° Les semailles du 25 novembre ont évité la première invasion. La seconde invasion (pontes de janvier-février) les a surprises en fort bel état de résistance. Le 12 avril, les parcelles les plus touchées ont été cotées : légèrement clairsemées (Pl. IX, fig. 1);

3° Les semailles du 15 décembre ont également évité la cécydomyie. En raison de la pluviométrie élevée, elles ont présenté, à la deuxième attaque, un degré de résistancce suffisant et les zones les plus touchées sont tout simplement clairsemées;

4° Les semailles du 13 janvier (dont les plantules étaient trop frèles pour résister à la seconde invasion, sont rangées, au point de vue parasitaire, dans les cas du 25 octobre et du 2 novembre.

Observation I. — Deux parcelles séparées par un sentier sont ensemencées en Florence-Aurore, A) à la fin du mois d'octobre, B) fin novembre.

A — semée trop tôt, a reçu une partie de la ponte des individus de première apparition.

Deux causes défavorables s'ajoutent : *mauvais état végétatif* (Pl. IX, fig. 2).

B — semée normalement, a évité le parasitisme initial et, vigoureuse, a supporté celui de janvier-février.

Deux causes favorables s'ajoutent : *résistance marquée.*

mot, pénètrent dans le domaine public, s'ajoutent ceux qui, travaillant dans l'ombre des silos, rongent grains et farines, tourteaux et conserves.

Et dans leur habitat, généralement fermé aux investigations journalières, ils commettent des dégâts qui, calculés aux cours habituels et sur la base minima du centième des grains récoltés et denrées emmagasinées, confondraient les plus habiles statisticiens et les économistes les plus avertis.

La question du blé, partiellement résolue par une meilleure production mettant en relief la sélection et la culture, doit nécessairement se doubler du problème de sa conservation : produire, conserver et vendre sont des données également importantes à connaître.

Les parasites nord-africains. — Les greniers, réserves, magasins et moulins de la Régence groupent donc, par le simple jeu des échanges, un assez grand nombre d'espèces de toute provenance.

Cependant, il est rare de les trouver réunies dans le même silo ou plutôt dans la même cellule. Généralement, une espèce domine. Elle est parfois toute seule.

Mais les transvasements, apports et manipulations modifient rapidement le parasitisme initial. Et dans le silo s'entremêleront, comme dans ceux des grands ports qui reçoivent des grains du monde entier, des espèces nouvelles dont l'évolution est parfois plus dangereuse que celle de la première.

Quelques-unes sont directement parasites. Les autres, commensales ou occasionnellement dangereuses, vivent de mangeures et débris comme elles vivraient par ailleurs de bois ou d'écorces décomposées. Certaines ont un rôle contesté et sont déclarées utiles, indifférentes ou nuisibles, suivant les cas et les auteurs. Enfin, la plupart sont polyphages et vivent indifféremment dans les céréales, la farine, le son, le pain, les biscuits, le chocolat, les tourteaux et autres produits conservés.

A ces modifications de régime et d'habitat correspondent des moyens de lutte divers. Autrement dit, les connaissances éthologiques ouvrent à la défense les horizons les plus larges et lui permettent, plus aisément, de gêner ou d'annihiler les principales phases parasitaires : la menace, l'attaque, la multiplication, la dispersion.

Aussi, suivant les cas et les circonstances, la défense sera-t-elle organisée dans les champs, à l'entrée des silos ou dans les cellules; elle sera préventive ou curative; elle visera un insecte ou un groupe de rongeurs; elle impliquera des efforts individuels ou collectifs.

Principaux genres plus ou moins communs dans les réserves à

grains. — L'ordre des Coleoptères est représenté par les familles et genres suivants :

Cucujides : *Laemophloeus* St., *Slivanus* Latr. et *Cathartus* Reich.

Ténébrionides : *Tenebrio* L., *Tribolium* Mac.-L., *Cerandria* Luca, *Palorus* Muls., *Alphitophagus* St., *Alphitobius* St., *Clitobium* Muls.

Bostrichides : *Rhizopertha* Steph.

Anobiides : *Lasioderma*, *Anobium*.

Mycétophacides : *Typhaea* Curtiss.

Nitidulides : *Carpophilus* Leack.

Cryptophagides : *Cryptophagus* Herbst.

Dermestides : *Trogoderma*, *Attagenus*.

Trogositides : *Trogosita* Oliv., *Temnochila* Westw.

Curculionides : *Calandra* Clairville.

Celui des Lépidoptères est moins bien représenté :

Tinéïdes : *Tinea* L., *Sitotroga* Hein.

Pyralides : *Ephestia* Guenée, *Pyralis* L., *Plodia*.

La classe des Arachnides présente avec le genre *Chelifer* quelques Acariens communs et polyphages.

Seuls seront longuement étudiés les genres les plus communs : *Calandra*, *Tribolium*, *Rhizoperta*, *Trogosita*, *Sitotroga*, *Tinea*, *Ephestia*, *Plodia;* les autres, moins communs et commensaux, pour la plupart seront indiqués avec une simple mention sur leur mode de vie et leur degré de nocuité (Pl. X et XI).

COLEOPTERES DES GRAINS RECOLTES

LES CURCULIONIDES

Les Charançons des grains sont représentés par deux espèces cosmopolites appartenant au genre *Calandra : C. granaria* et *C. oryzae*.

Adultes : insectes allongés, parallèles, de teinte brun noirâtre, longs de 4 à 5^{mm} environ, déprimés en dessus, glabres ou munis de tout au plus de poils squamiformes très courts sur le bord des élytres et du thorax. Tête munie en avant d'un prolongement très marqué ou rostre, au sommet duquel se trouvent les pièces buccales. Antennes coudées, à premier article très long, claviforme, à trois derniers articles formant une massue fusiforme. Ce rostre est moins long que le pronotum, peu arqué, cylindrique en avant, élargi en fuseau à sa base. Prothorax beaucoup plus long que large, tronqué en avant, à

La généralisation du procédé et la destruction systématique des semis spontanés conduiraient, certes, à ce résultat.

Mais, est-il utile de le dire, la défense n'est pas désarmée au point de recourir à des méthodes draconiennes.

L'alternance des cultures telle qu'on la pratique en Tunisie disperse et perd une foule d'insectes et joue un rôle antiparasitaire de réelle valeur. La *polyculture* jouerait un rôle autrement important.

b) **Semer opportunément.** — En supposant des éclosions échelonnées à partir des premiers jours d'octobre et en accordant aux adultes une longévité dont les limites extrêmes couvrent deux mois, les levées de fin novembre seraient automatiquement à l'abri des dernières pontes possibles de la cécidomyie.

Sachant que, en bonne pratique, il est prudent de semer le plus tôt possible, dans le courant d'octobre ou au début de novembre, les blés durs (Hamira, Biskri, Mahmoudi et Sbéi) et certains blés tendres (Richelle, Baroota, Mahon) et que des décalages antiparasitaires peuvent avoir de fâcheuses conséquences au point de vue évolution du végétal, il est logique de s'adresser aux variétés de blés qui se réclament de semailles moins hâtives et qui, par là même, peuvent esquiver les pontes de première invasion.

Il ne faudrait pas semer avant le 15 novembre, et la levée aurait lieu fin novembre, donc en l'absence de parasites, des blés tels que :

Florence 135, Irakié, Florence-Aurore 588, Pusa-Florence.

De plus, ces variétés évoluent dans les conditions les meilleures, même tardivement semées, en décembre ou plus tard dans certaines stations favorables. Cependant, les cécidomyies de seconde invasion arrêteraient net, dans le cas de semis de décembre ou janvier, le cycle escompté.

Normalement semées, à partir du 15 novembre, cces variétés rapidement choquées par le froid, tallent et résistent mieux à la ponte des cécidomyies hiémales et printanières.

Il y a là une gamme de variétés et une marge dans les semailles qui doivent être mises à profit dans les régions constamment parasitées.

Ce moyen de lutte, généralisé, a une valeur égale à la suppression, pendant un an, de toute céréale alimentant la mouche de Hesse.

c) **Incinérer.** — L'emplacement occupé par les pupes estivales appelle un procédé de lutte direct : l'incinération. Mais, dans les champs parasités, les éteules éparses rendent bien précaire cette pra-

tique prônée par tous les auteurs. Des apports de paille sont nécessaires... Il faut respecter un décret.

Malgré les difficultés de réalisation, l'incinération doit prendre place parmi les opérations culturales.

Convenablement effectuée, elle réduit l'invasion au minimum ou, théoriquement, la supprime.

C'est le moyen de lutte.

Il faut incinérer après la moisson, préventivement, même en l'absence réelle ou supposée du Nématocère, car le feu détruit également, entre autres parasites, *Hylemyia*, *Micrococcus*, *Aphis*, *Haplothrips*, *Cephus* et en partie un cryptogame, l'agent du piétin.

Si l'incinération n'est qu'irrégulièrement pratiquée, les réservoirs à pupes, parcelles récemment moissonnées, déverseront les adultes dans les blés des régions plus ou moins lointaines.

Ici se dresse, inquiétante, comme dans le cas précédent, et celui qui suit, une difficulté insurmontable peut-être : la généralisation.

d) **Enfouir ou non les pupes estivales.** — Les labours effectués entre la moisson et les premières pluies d'automne enfouissent plus ou moins profondément les pupes, jouent un rôle prépondérant dans l'échelonnement des éclosions, détruisent tout ou partie du contingent parasite.

En effet, plaçant les pupes à 15 ou 20 cm., les labours ne laissent aux adultes, surtout dans les terres fortes et après tassement par les pluies, que bien peu de chances de remonter en surface.

Cependant, des pupes en nombre indéterminé restent en surface ou sont trop superficiellement logées pour ne pas libérer l'adulte.

Un labour léger, recouvrant à peine les nymphes, conférerait aux premières pluies le pouvoir de déclencher des éclosions massives s'échelonnant sur quelques jours seulement. Et les semailles, effectuées quatre à cinq semaines après la première précipitation, donneraient, comme dans le cas précédent, en ne tenant compte que de la cécidomyie, de très bons résultats.

En n'effectuant aucun labour, l'échelonnement serait réduit au minimum, et trente à quarante jours après la pluie ayant déclenché l'éclosion, la région serait théoriquement désinsectisée.

Labours profonds, labours légers ou *inobservance* de labours suivis de semailles survenant, suivant le cas, trente à cinquante jours après les premières pluies, valent l'alternance des cultures la mieux comprise.

Les trois cas supposent des pluies hâtives. Les deux derniers, et surtout le dernier, sont du domaine spéculatif et pourraient se retourner contre le producteur dans le cas de pluies tardives.

Aussi, le praticien doit-il accorder ses préférences aux labours profonds qui, mécaniquement, annihilent tout ou partie de parasitisme.

Quand on connaît l'insecte, quand on conçoit l'effort qu'il doit fournir pour traverser une épaisseur de quelques centimètres de terre, quand on sait que la moindre pluie l'enlise, il ne faut pas hésiter, *il faut labourer profondément*, le plus profondément possible.

Pour démontrer les effets anti-cécidomyiaires des labours d'été, l'expérience suivante — expérience des trois verres — a été réalisée avec succès dans une centaine de cas.

Mode opératoire. — Prendre trois verres : un verre à liqueur L, un verre à Bordeaux B et un verre à eau E; un quatrième verre à au T servira de témoin (Pl. IX, fig. 5).

Déposer au fond des verres L, B, E et T cinq à dix pupes prélevées dans les champs et quelques fragments de papier buvard qu'il faut humidifier de temps à autre.

Emplir les verres L, B, E de terre jusqu'à 1 centimètre du bord, recouvrir d'un carton et attendre les éclosions.

Dès leur éclosion, les adultes vont essayer de gagner la surface. Mais comme ils ne sont pas armés pour fouir, leurs pattes longues et grêles ne peuvent que les gêner, et les ailes sont rapidement lacérées.

Aussi, malgré leurs efforts, restent-ils emprisonnés.

Suivant la nature du sol et les interstices qu'il présente, les évasions sont plus ou moins rares. Expérimentalement, elles oscillent entre 0 et 100 % dans le verre L, entre 0 et 10 % dans le verre B, entre 0 et 2 % dans le verre E.

En pratique, on enregistre à peu près les mêmes chiffres, sauf cependant dans les terres motteuses qui présentent de nombreux interstices formant cheminée ou couloir continu. D'autre part, toute cécidomyie née d'une pupe incrustée au pied d'un chaume parviendra en surface si la paille, insuffisamment enfouie, lui sert de guide ou de mat le long duquel elle se déplacera aisément.

Si on ajoute à la suppression opérée par les labours la mortalité naturelle provoquée par des causes diverses, on peut avancer que cette pratique vaut, à peu de chose près, l'incinération.

Cependant, et cette observation ne manque pas de valeur, si les pluies automnales se succèdent ou si des précipitations surprennent les adultes nouvellement éclos, l'envolée, la dispersion et la recher-

che des céréales n'est plus possible, et les parcelles récemment moissonnées, labourées ou non, ne livreront de l'espèce nuisible qu'un contingent sans valeur parasitaire.

Seules sont dangereuses, et demandent des semailles décalées, les pluies de quelques millimètres suivies de vents légers ou violents.

CONCLUSION

L'homme vient à bout de la cécidomyie destructive en donnant de la vigueur aux céréales et en dressant le maximum de circonstances défavorables à la perpétuation de l'espèce.

Il doit, d'une part, enrichir ses terres, alterner les cultures et, d'autre part, effectuer dans l'ordre, en tenant compte du milieu et surtout de la pluviométrie, l'incinération, des labours (ou pas de labours), le choix des variétés et tenir compte de la date des semailles.

Opérer de la sorte, c'est traiter par extinction, stériliser, cautériser, immuniser, affamer; c'est à la fois lutter préventivement et curativement; c'est, en définitive, pour parler comme nos grands oncles ou pour employer un cliché, usagé et par trop pédant, mais toujours expressif : « Tuer le germe dans l'œuf ».

Chacun de ces moyens de lutte, pris isolément, a une valeur indiscutable. Réunis, leur valeur est décuplée, leur efficacité certaine : tous concourrent à une meilleure production, tous conduisent à des récoltes régulières, tous favorisent l'incinération.

L'incinération généralisée, c'est le moyen de lutte.

Il faut lui accorder une note supérieure, et de beaucoup, à celle attribuée aux pratiques précédemment indiquées : pratiques indiscutablement heureuses dans leurs effets; pratiques s'harmonisant, peu importe la région, avec les variétés actuellement préconisées; pratiques se confondant avec les opérations culturales usuelles..., mais pratiques, et le biologiste aurait un remords de conscience s'il ne le signalait, basées sur le cycle de deux organismes vivants, que l'homme ne peut régir ou conduire à sa guise, n'étant qu'imparfaitement maître du milieu.

Aussi, faut-il grouper les moyens de destruction, les réunir en faisceaux, frapper en toute circonstance. Et alors, poursuivi, harcelé, décimé, le Nématocère abandonnera, étape par étape, orges et blés, parcelles et régions.

LA CECIDOMYIE DE L'AVOINE

(*Mayetiola avenae*)

Elle a été signalée en 1933 dans la région de Mateur par M. Bigourdan, Conseiller agricole. On doit la retrouver dans toutes les régions

céréalières de la Régence. Son évolution doit s'apparenter avec celle de la Cécidomyie destructive.

Mêmes moyens de lutte que précédemment.

LA CECIDOMYIE DU BLE

(*Diplosis tritici*)

Jaune et plus petite que la Cécidomyie destructive, *Diplosis tritici* dépose sa ponte dans les épis, et les larves, d'un jaune orangé, vivent aux dépens des grains laiteux ou pâteux. Elle est commune dans les parcelles de l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis.

Les labours profonds ne laissent aux adultes, qui naissent au printemps, que peu de chances de remonter en surface.

LA MOUCHE DU BLE

(*Hylemyia coartata* Fall.)

Description. — Cet Anthomyide rapelle un peu, par sa forme et ses dimensions, la mouche domestique. Il mesure 5 à 6^{mm} de longueur sur 10 à 12^{mm} d'envergure. Chez le mâle, le thorax est gris jaunâtre uniforme avec les côtés plus clairs; l'abdomen est étroit, un peu épaissi à l'extrémité, gris jaune, finement hérissé. Chez la femelle, le thorax et l'abdomen sont d'un gris cendré (Pl. VI, fig. 2).

Les observateurs l'ont signalé un peu partout en France et dans diverses régions céréalières européennes et nord-africaines sur le blé, l'orge et le seigle. Neveu-Lemaire cite en outre, comme plantes pouvant alimenter les larves, la betterave, le navet, la pomme de terre.

Ses dégâts ont souvent fait l'objet de mentions spéciales : en 1908 dans le Nord, en 1910 à Orléans, en 1912 en Tunisie, en 1919 dans la Marne.

Cycle évolutif. — Les deux générations annuelles ont un comportement différent vis-à-vis du végétal attaqué. En Tunisie, les larves de première invasion se rencontrent toujours dans les parties souterraines de la jeune tige, à 2 ou 3 cm. de profondeur. Ce sont des larves apodes, d'un blanc sale, armées antérieurement de deux crochets noirs et mesurant, à la fin de leur croissance, 5 à 6^{mm} de longueur. Elles rongent l'intérieur du chaume : les feuilles s'étiolent, jaunissent, la plantule talle et la nymphose a lieu dans un tonnelet ou pupe roussâtre formé à demeure, dans la tigelle plus ou moins désorganisée.

C'est généralement en janvier-février qu'a lieu la nymphose. La forme et la coloration de la pupe donnent lieu à des confusions possibles avec la cécydomyie dont la pupe est cependant plus effilée, plus rouge, plus petite.

Les adultes, mieux armés contre le vent que les Nématocères, se dispersent et recherchent, pour déposer leur ponte, les tiges les moins riches en eau.

Aussi, en année sèche, les céréales sont-elles l'objet d'une double perturbation : la soif et le parasitisme.

Comte indique que la seconde génération attaque les talles et que le cycle s'achève dans le sol, la nymphose estivante ne libérant l'adulte qu'avec les premières pluies d'automne.

La première génération est plus dangereuse que celle de printemps. Elle l'est particulièrement dans les terres mal préparées, au cours des automnes à pluviométrie insuffisante, et dans les parcelles sur deuxième paille.

Comme pour les mouches précédentes, les labours profonds d'été qui enfouissent les pupes, les bonnes préparations culturales, l'emploi rationnel des engrais et l'utilisation de variétés réclamant des semailles relativement tardives, constituent les meilleurs moyens de lutte.

AUTRES DIPTÈRES DES CÉRÉALES

Divers genres et espèces plus ou moins communs sont cités : *Chlorops*, *Oscinis*, *Camarola*, *Chortophila*, etc.

Oscinella frit. L. a été mentionné dans le Nord de l'Afrique. F.C. Willcoks, en Egypte, signale *Domomyza nigripes* et *Chortophila flavibasis* Steim, alors que, par ailleurs, on rattache à ce genre les espèces *Sepia* et *Haberlandti*.

II. — MYRIAPODES

Cette classe d'Arthropodes est surtout illustrée par les animaux communément désignés sous le nom de « Mille pattes ». Les scolopendres aux dangereuses morsures, les Scutigères aux pattes très longues et les Iules végétariennes en sont les représentants les plus connus.

Aucune d'elles, parmi ces dernières, n'est spécifique des céréales.

La modification dans le régime alimentaire indiquée au sujet des

Thrips et plus particulièrement pour Pemphigella se réclame des mêmes causes : la nécessité pour une espèce polyphage, dont l'aliment de prédilection est supprimé par le défrichement, de s'adapter rapidement à une autre plante, spontanée ou cultivée.

Iulus punctatus Leach, de couleur chair, avec des points noirs sur les côtés, 15 à 30^{mm}, et

Iulus mediterraneus Latz, brun plus ou moins foncé, 20 à 45^{mm} de longueur (Pl. VI, fig. 5 et 6),

vivant sous les pierres, dans la mousse, au pied des vieux arbres, s'étant brusquement trouvés sans nourriture après défrichement d'une vieille olivette, envahie par des herbes et arbustes, à Medjez-Amar (Constantine), se sont montrées dangereuses aux céréales, cultivées aussitôt après mise en valeur de la terre.

Les deux Iules, incapables d'attaquer les grains secs, ont entamé les semences ramolies et en voie de germination, les ont creusées, détruisant l'embryon ou la jeune plantule.

Elles ont rapidement disparu par le simple jeu de l'alternance des cultures et des façons culturales.

Scutigera immaculata ou Scolopendrelle ne dédaignerait pas les grains en voie de germination, causant, ainsi qu'on l'a démontré dans les Landes, d'assez sérieux dégâts. Cette espèce est omnivore.

III. — **LES NÉMATODES**

LES ANGUILLULES

Tylenchus tritici a été exceptionnellement trouvé dans les blés tunisiens. Les procédés culturaux en usage ne permettant pas à ce parasite de se multiplier au point de devenir dangereux, il n'en sera pas question ici.

Tylenchus devastator, signalé sur fèves en 1921 dans une propriété d'Aïn-Rhelal, n'a plus fait l'objet d'observation qui le mettent en cause.

ANGUILLULE DES RACINES
(*Heterodera radicicola*)

On observe au sujet de cette anguillule un dimorphisme sexuel très net : mâle allongé, cylindrique, transversalement strié, aiguillon buccal, 1 cm. 5 sur 0 cm. 45;

Femelle piriforme, transversalement striée, 1 cm. × 0 cm. 5.

Plantes attaquées. — Cette anguillule est polyphase mais s'adapte fréquemment à une espèce végétale pour former, après un certain nombre de passages, une race biologique à pouvoir infectant annulé ou amoindri pour les autres espèces.

Elle a été signalée dans le Nord de l'Afrique sur la vigne, la tomate, les aubergines, les arbres fruitiers, certaines plantes d'ornement, etc... Par ailleurs, elle attaque les œillets, le soja, la scorsonère, le céleri, l'avoine, le maïs, *Agropyrum repens*, *Erymus arenarius*, *Beta maritima*, la clématite, les *Plectranthus*, les choux, le caféier, etc...

De pareils parasites, vivant aux dépens des plantes les plus diverses, évoluent à peu près dans toutes les régions, mais le producteur les redoute et les combat surtout dans les zones chaudes ou tempérées.

Leur évolution s'effectue dans les racines et les piqûres déterminent la formation d'une galle ou nodosité, lisse ou rugueuse, chevelue ou non, dont les dimensions atteignent quelques millimètres et souvent celles d'un pois, d'une noisette ou d'une pomme.

Tout le système radiculaire peut être envahi.

La femelle adulte et fécondée meurt parfois dans les galles provoquées par ses piqûres. Elle est bourrée d'œufs et les larves éclosent dans le corps maternel.

Très souvent, les galles s'ouvrent et les larves se dispersent dans le sol. Elles peuvent vivre à l'état libre en saprophytes, à l'état de vie ralentie, à l'état parasitaire dans les jeunes racines qu'elles rencontrent. Dans nombre de cas, la femelle abandonne la nodosité ne laissant qu'une ouverture béante par laquelle pénétreront les éléments de la décomposition.

Les galles ouvertes laissent pénétrer divers parasites bactéries et champignons notamment, qui entraînent la mort des racines, l'affaiblissement et parfois la perte du végétal.

Cependant, avant de délivrer leurs parasites, les galles entravent la circulation des sucs alimentaires, l'arrêtent parfois et sont toujours le point de départ de perturbations profondes dans la vie du végétal.

Une symbiose assez inattendue a été signalée entre le Nématode et certaines plantes (betteraves, aubergines, céleris) cultivées dans les régions désertiques de l'Algérie. Dans les racines de ces plantes, des portions de vaisseaux se renflent et forment de véritables réservoirs d'eau pour les périodes de sécheresse.

En Tunisie, les blés attaqués ont une végétation languissante, restent chétifs et succombent dans des proportions élevées, surtout dans les terres légères dont les éléments fertilisants sont lessivés par les

pluies abondantes et presque journalières (l'automne (de l'automne et de l'hiver 1934-35).

Heterodera radicicola est particulièrement dangereux à certaines cultures des pays chauds, au caféier notamment, à partir de 1870.

Un caféier attaqué présente pendant longtemps les apparences de la vigueur; puis, brusquement, il s'étiole et, en huit jours, perd ses feuilles et ses jeunes racines.

Sur les radicelles on trouve des nodosités plus ou moins piriformes rappelant celles produites par le phylloxéra. Les larves s'en échappent, et par les blessures ainsi produites s'engouffrent microbes et champignons.

La maladie fait tache d'huile ou peut suivre une ligne de la plantation. Tous les caféiers sont atteints, mais le Nématode est particulièrement dangereux sur les plants âgés de 7 à 10 ans.

A la Martinique on lutte en accumulant au pied des arbres des débris végétaux pour provoquer l'émission de racines adventives et sauver la récolte pendante. Cette opération est désignée sous le nom de fatrassage.

Par la suite, les arbres sont arrachés et la lutte s'engage en procédant à la désinfection du sol par l'intermédiaire des toxiques habituels.

Moyens de lutte. — L'Hétérodère radicicole est un parasite interne. Les toxiques ne peuvent l'atteindre qu'au moment de sa dispersion : le sulfure de carbone, le sulfocarbonate de potasse, la cyanamide, le crud ammoniaque, le méphitol, etc., ne détruisent, en effet, que les Nématodes vivant hors des racines.

Sur sol nu et pour toutes les cultures susceptibles de payer le prix du traitement, le sulfure de carbone doit être employé à la dose de 240 grammes au mètre carré pour atteindre les anguillules errantes ou à l'état saprophyte. Le traitement doit être appliqué en deux fois, à vingt jours d'intervalle.

Avec le sulfocarbonate de potasse, il faut une certaine quantité d'eau et cet inconvénient limite l'emploi de ce produit dont l'action insecticide, doublée par la formation d'un sel de potasse qui reste dans le sol, est universellement connue.

Crud ammoniaque et cyanamide sont à conseiller.

Méphitol et carbure de calcium ont leurs indications.

La stérilisation du sol n'est applicable que dans les serres ou certains cas particuliers.

L'alternance des cultures ne joue pas son rôle habituel, l'Hétéro-

dère étant polyphage. Au contraire, l'assolement biennal, avec terres bien nettoyées, est efficace. Si l'anguillule des racines ne s'est pas multipliée au delà des cas observés en 1935, il faut sans doute l'attribuer aux façons culturales ayant généralement cours dans la Régence.

En faisant intervenir la création des races biologiques, le praticien peut songer à l'emploi des plantes pièges, méthode efficace et susceptible d'être réalisée dans certaines régions.

Dans les terres à céréales, il convient d'étudier longuement le problème avant d'indiquer des mesures propres à limiter les dégâts.

Les observations faites pendant la campagne agricole 1934-35 ne donnent que des indications. Elles sont manifestement insuffisantes pour faciliter la lutte ou modifier les méthodes de défense actuellement en usage.

Si l'anguillule est plus redoutable dans les terres légères, il est bon d'accuser la pluviométrie exceptionnelle de la campagne 1934-35 qui les a lessivées, les appauvrissant et ne leur offrant aucune possibilité de résistance.

Toutes les observations relatives à la résistance de certains blés sont surprenantes. Aucune interprétation ne peut être donnée et le biologiste doit recourir à de nouvelles observations pour éliminer tous facteurs susceptibles de voiler les causes naturelles de la résistance.

Dans toute parcelle parasitée, l'observateur remarque des bandes donnant une très belle végétation. Ces bandes correspondent aux parties du sol tassées par les instruments de travail : fourrières, passages des roues ou chenilles des tracteurs, pistes récemment labourées, etc...

Peut-on envisager un moyen de lutte en roulant le sol, en le tassant ? Il est prématuré de répondre à cette question. Les expériences projetées le démontreront.

IV. — LES PARASITES DES GRAINS RÉCOLTÉS

Généralités. — Le cas du Phylloxéra et du mildiou envahissant le vignoble européen, celui de l'Icerya et du Doryphore, la menace incessante du Pou de San José, la Cécidomyie destructive et le Liparis s'établissant en Amérique, ne sont que des exemples bien connus d'échanges parasitaires internationaux.

A ces parasites qui opèrent en grand, qui rompent l'harmonie économique, qui mettent en vigueur lois, décrets et arrêtés, qui, en un

mot, pénètrent dans le domaine public, s'ajoutent ceux qui, travaillant dans l'ombre des silos, rongent grains et farines, tourteaux et conserves.

Et dans leur habitat, généralement fermé aux investigations journalières, ils commettent des dégâts qui, calculés aux cours habituels et sur la base minima du centième des grains récoltés et denrées emmagasinées, confondraient les plus habiles statisticiens et les économistes les plus avertis.

La question du blé, partiellement résolue par une meilleure production mettant en relief la sélection et la culture, doit nécessairement se doubler du problème de sa conservation : produire, conserver et vendre sont des données également importantes à connaître.

Les parasites nord-africains. — Les greniers, réserves, magasins et moulins de la Régence groupent donc, par le simple jeu des échanges, un assez grand nombre d'espèces de toute provenance.

Cependant, il est rare de les trouver réunies dans le même silo ou plutôt dans la même cellule. Généralement, une espèce domine. Elle est parfois toute seule.

Mais les transvasements, apports et manipulations modifient rapidement le parasitisme initial. Et dans le silo s'entremêleront, comme dans ceux des grands ports qui reçoivent des grains du monde entier, des espèces nouvelles dont l'évolution est parfois plus dangereuse que celle de la première.

Quelques-unes sont directement parasites. Les autres, commensales ou occasionnellement dangereuses, vivent de mangeures et débris comme elles vivraient par ailleurs de bois ou d'écorces décomposées. Certaines ont un rôle contesté et sont déclarées utiles, indifférentes ou nuisibles, suivant les cas et les auteurs. Enfin, la plupart sont polyphages et vivent indifféremment dans les céréales, la farine, le son, le pain, les biscuits, le chocolat, les tourteaux et autres produits conservés.

A ces modifications de régime et d'habitat correspondent des moyens de lutte divers. Autrement dit, les connaissances éthologiques ouvrent à la défense les horizons les plus larges et lui permettent, plus aisément, de gêner ou d'annihiler les principales phases parasitaires : la menace, l'attaque, la multiplication, la dispersion.

Aussi, suivant les cas et les circonstances, la défense sera-t-elle organisée dans les champs, à l'entrée des silos ou dans les cellules; elle sera préventive ou curative; elle visera un insecte ou un groupe de rongeurs; elle impliquera des efforts individuels ou collectifs.

Principaux genres plus ou moins communs dans les réserves à

grains. — L'ordre des Coleoptères est représenté par les familles et genres suivants :

CUCUJIDES : *Laemophloeus* St., *Slivanus* Latr. et *Cathartus* Reich.

TÉNÉBRIONIDES : *Tenebrio* L., *Tribolium* Mac.-L., *Cerandria* Luca, *Palorus* Muls., *Alphitophagus* St., *Alphitobius* St., *Clitobium* Muls.

BOSTRICHIDES : *Rhizopertha* Steph.

ANOBIIDES : *Lasioderma*, *Anobium*.

MYCÉTOPHACIDES : *Typhaea* Curtiss.

NITIDULIDES : *Carpophilus* Leack.

CRYPTOPHAGIDES : *Cryptophagus* Herbst.

DERMESTIDES : *Trogoderma*, *Attagenus*.

TROGOSITIDES : *Trogosita* Oliv., *Temnochila* Westw.

CURCULIONIDES : *Calandra* Clairville.

Celui des LÉPIDOPTÈRES est moins bien représenté :

TINÉÏDES : *Tinea* L., *Sitotroga* Hein.

PYRALIDES : *Ephestia* Guenée, *Pyralis* L., *Plodia*.

La classe des ARACHNIDES présente avec le genre *Chelifer* quelques Acariens communs et polyphages.

Seuls seront longuement étudiés les genres les plus communs : *Calandra*, *Tribolium*, *Rhizoperta*, *Trogosita*, *Sitotroga*, *Tinea*, *Ephestia*, *Plodia;* les autres, moins communs et commensaux, pour la plupart seront indiqués avec une simple mention sur leur mode de vie et leur degré de nocuité (Pl. X et XI).

COLEOPTERES DES GRAINS RECOLTES

LES CURCULIONIDES

Les Charançons des grains sont représentés par deux espèces cosmopolites appartenant au genre *Calandra : C. granaria* et *C. oryzae*.

Adultes : insectes allongés, parallèles, de teinte brun noirâtre, longs de 4 à 5^{mm} environ, déprimés en dessus, glabres ou munis de tout au plus de poils squamiformes très courts sur le bord des élytres et du thorax. Tête munie en avant d'un prolongement très marqué ou rostre, au sommet duquel se trouvent les pièces buccales. Antennes coudées, à premier article très long, claviforme, à trois derniers articles formant une massue fusiforme. Ce rostre est moins long que le pronotum, peu arqué, cylindrique en avant, élargi en fuseau à sa base. Prothorax beaucoup plus long que large, tronqué en avant, à

côtés presque parallèles. Ecusson distinct, petit. Elytres à peine plus longs que le prothorax, striés, ponctués de gros points. Tibias arqués, finement crenelés sur leur bord interne. Tarses courts de quatre articles, le troisième à peine plus large que le second.

Les caractères propres à chaque espèce sont les suivants :

a) Taille grande, 5mm, teinte sombre brun foncé, homogène, à peine plus claire à l'extrémité des élytres. Prothorax décoré en dessus de points peu serrés, fortement allongés dans le sens longitudinal. Epimères métathoraciques avec une seule rangée de points. Prothorax dépourvu de ceinture de gros points le long de son bord antérieur. Interstries des élytres non ponctués, sauf le premier. Le plus fréquent en France : *Calandra granaria* L.

b) Taille plus petite (4mm), teinte variable brun châtain, quelquefois foncée, mais alors l'insecte porte quatre taches jaunes sur les élytres. Prothorax décoré en dessus de points assez serrés, régulièrement arrondis. Bord antérieur suivi d'une ligne transverse de gros points qui se prolonge en ceinture tout autour de l'animal. Epimères métathoraciques avec deux rangées de points. Interstries des élytres ponctués. Midi de la France, le plus commun en Afrique du Nord : *Calandra oryzae* L.

Au point de vue larvaire, il convient de donner les précisions suivantes :

Larves : elles sont longues de 2,5 à 3mm, très bombées en dessus, plates en dessous. Tête brunâtre, hémisphérique; mandibules à pointe plus foncée et munies d'une dent subapicale interne très prononcée, précédée d'une autre petite dent. Labre transverse. Palpes maxillaires gros, arrondis, appliqués, non divisés, munis de deux petits articles. Prothorax non divisé dorsalement; méso et métathorax présentant chacun deux lobes en dessus, un antérieur et un postérieur. Segments abdominaux au nombre de dix, les trois ou quatre premiers portant deux sillons transverses qui les divisent chacun en trois lobes successifs; segments 5 à 8 simplement divisés en deux comme le méso et le métathorax. Entre les bourrelets tergaux et les bourrelets ventraux, se présentent une série de bourrelets pleuraux, nommés du dos vers le ventre : épipleures, hypopleures, lobes coxaux. Les hypopleures sont divisés en trois lobes : le médian qui se trouve au milieu de la hauteur de la larve, porte parfois une soie. Huitième et neuvième segments petits; dixième réduit.

Cotton les distingue par les caractères suivants :

a) Quatre premiers segments abdominaux divisés chacun dorsalement en trois lobes successifs. Lobe médian des hypopleures portant chacun une soie : *Calandra granaria* L.

b) Trois premiers segments abdominaux seuls divisés en trois lobes dorsaux chacun, le quatrième divisé seulement en deux. Lobe médian des hypopleures sans soie. Espèce méridionale : *Calandra oryzae* L.

LE CHARANÇON DU GRAIN

(*Calandra granaria* L. (Pl. X, fig. 3)

Le charançon est connu depuis la plus haute antiquité. Il est actuellement redouté dans tous les greniers des régions froides ou tempérées. En France, on le désigne, suivant les régions, sous des appellations diverses : calandre, cosson, cavet, courcoul, etc...

Tous les grains entreposés et diverses substances alimentaires facilitent sa multiplication : blé, orge, seigle, avoine, maïs, millet, pois-chiches, châtaignes, pâtes alimentaires, etc...

Ses dégâts sont toujours d'un ordre élevé. On estime qu'il détruit 3 à 5 % de la récolte française. D'après Hallé, ses dégâts intéresseraient 15 % environ des produits récoltés et entreposés depuis plus ou moins longtemps.

CYCLE EVOLUTIF

La ponte. — A l'aide de son rostre, pièce solide et légèrement acquée dont les appendices buccaux mordent comme une vrille, la femelle creuse des logettes ou pertuis mesurant 1mm5 environ de profondeur au fond desquels elle dépose un œuf; chaque œuf est enrobé d'une sorte de mucilage qui durcit et ferme rapidement le pertuis de ponte.

Deux à trois œufs par jour sont ainsi déposés et la ponte se poursuit pendant plusieurs mois.

En général, la pondeuse ne sertit qu'un œuf par grain. Toutefois, deux ou trois larves peuvent faire table commune, quitte à disparaître si la nourriture est insuffisante.

Plusieurs accouplements sont notés au cours de la période de ponte. Les jeunes femelles peuvent déposer leurs œufs sans fécondation préalable, mais leur développement est arrêté, la parthénogénèse n'ayant jamais été observée chez les calandres.

La vie larvaire. — Après une période d'incubation, dont la durée varie suivant la température, on assiste à l'éclosion d'un petit organisme dont la forme a été décrite précédemment, qui, aussitôt, creuse une galerie, l'agrandit au fur et à mesure des besoins alimentaires,

respectant toutefois le tégument et la coque, et la bourre de débris, ou mangeures et de déjections : c'est la larve du charançon.

C'est également dans le grain qu'a lieu la nymphose.

Comme pour l'incubation, et le cycle larvaire, la durée de la période nymphale est sous la dépendance de la température.

Le cycle vital, suspendu au-dessous de +12° C., peut se fermer en moins d'un mois dans les pays chauds; il est irrégulier dans les régions tempérées et froides : les générations se succèdent à une cadence marchant de pair avec l'index thermique. Cependant, les adultes, qui résistent au froid, succombent à +50° C. environ.

Dès sa formation, l'adulte, après quelques jours d'immobilité, creuse dans le tégument une petite ouverture de sortie, s'alimente, s'accouple et, sans retard, les femelles de la nouvelle génération pondent dans les grains.

Dans un grenier parasité, on trouve à la fois toutes les formes évolutives de l'insecte : œufs, larves, nymphes et adultes; les générations sont donc enchevêtrées.

Les adultes ont une longévité variable : quelques mois à deux ans et demi (expérimentalement).

Quatre à six générations en Tunisie, davantage dans les pays chauds, se succèdent dans le courant de l'année et anéantissent une partie de la récolte.

Il n'y a pas de variétés résistantes. Toutes sont attaquées, mais elles le sont à des degrés divers : le blé tendre est plus sensible que le blé dur et les mêmes différences doivent exister avec les variétés d'orge, de seigle, d'avoine ou de maïs; les grains recouverts de leurs glumes offrent une résistance passagère, mais insuffisante en définitive.

LE CHARANÇON DU RIZ

(*Calandra oryzae* L. (Pl. X, fig. 1 et 2)

Quoique moins commun en Tunisie que le précédent, le charançon du riz, qui attaque n'importe quelle céréale, les légumineuses, les pâtes alimentaires et la farine, est un parasite redouté dans certaines régions agricoles.

De plus, pouvant voler, il s'installe sur les épis et confie aux grains pâteux une première génération dont les représentants évolueront peu après dans les greniers.

Sa propagation revêt donc une forme comparable à celle de l'Alucite ou papillon de l'Angoumois.

Et ce mode de propagation dote *Calandra oryzae* L. d'un index parasitaire supérieur à celui de *C. granaria L.* et rend inopérantes toutes méthodes de préservation préventives.

S'il cohabite souvent avec le charançon du grain dans diverses régions chaudes ou tempérées, sa présence en Tunisie n'a été qu'exceptionnellement mentionnée.

Parasites des Calandra et autres Coléoptères des grains. — WATERSON signale un certain nombre d'espèces parasites : *Bruchobius laticeps* Ashm., *Aplastomorpha vendinei* Tuck., *Lariophagus distinguindus* Forst., *L. puncticollis* Moll., *L. utibilis* Tuck., *Chaetospila elegans* Westw., *Rhadepyris zeae* Turn. et *Cephalonomia* sp.

LES TENEBRIONIDES

Tribolium ferrugineum Fab. — Cette espèce, commune dans les greniers de la Régence, a l'aspect d'un petit Ténébrion; 3 à 4,5^{mm} de long, roux ferrugineux, yeux noirs (Pl. X, fig. 4 et 7).

Tribolium est cosmopolite et polyphage : grains, farine, son, pain, fruits oléagineux, oiseaux naturalisés, insectes conservés, tourteaux.

De plus, le régime granivore semble faire place à une alimentation des plus variées, allant jusqu'à l'acceptation de proies animales vivantes, d'insectes en particulier.

Il semble bien, d'autre part, que *Tribolium* ne supporte pas les commensaux; il n'est pas commun, en effet, de trouver dans les mêmes silos *Tribolium* et *Calandra*, *Tribolium*, *Tinea*, *Sitotroga* et la foule de Clavicornes rongeurs de débris. *Tribolium* détruirait tout simplement les représentants des diverses familles en compétition.

Quoi qu'il en soit, ses dégâts sont plus inquiétants que ceux des calandres, teignes et alucites.

Cerandria cornua Fab., commun dans les ports méditerranéens, est également cosmopolite. Il vit dans les greniers et les moulins et les adultes sont parfois inclus dans le pain (Pl. X, fig. 16).

Alphitophagus bifasciatus Say, 3^{mm}, noir-brun, vit aux dépens des céréales et farines avariées (Pl. X, fig. 10).

Alphitobius diaperius Panz., de plus grande taille : 7-8^{mm}, noir brillant, élytres à peine striées, se rencontre dans les greniers et moulins (Pl. X, fig. 5).

Il faut également citer : *Palorus eburgi*, *P. subdepressus*, *P. de-*

pressus, quelques Thorictidés : *Thorictodes* et *Carpophilus*, dont les espèces peuvent exceptionnellement être déterminées dans les silos et réserves à grains de toute nature et un Anobide surtout dangereux dans les manufactures de tabac : *Lasioderma serricorne* (Pl. X, fig. 14 et 17).

LES CLAVICORNES

La famille des **Cucujides** est représentée par le genre *Laemophleus* caractérisé par une fine carène dorsale sur chaque côté du corselet.

L. ferrugineus Steph.; *L. minutus* Oliv.; *L. turcicus* F. et *L. pusillus* sont assez communs dans les magasins à grain (Pl. X, fig. 19).

Silvanus se distingue par son corselet armé de six fortes dents.

S. surinamensis L., 2 à 3,5^{mm} de long, a été signalé dans les greniers (céréales diverses, arachides), sous les écorces, dans la farine, les biscuits, etc. (Pl. X, fig. 20).

Catharthus advena Walt. serait détriticole.

La famille des **Cryptophagides** présente :

Cryptophagus cellaris Scop., petit insecte d'un brun ferrugineux, détriticole, 2 à 3^{mm}. Il a été déterminé un peu partout : dans les caves, les réserves à grains entamées par d'autres insectes, les moulins.

La famille des **Trogositides** lance dans les greniers la fameuse cadelle provençale : *Trogosita.*

T. mauritanica L., de plus grande taille (6 à 11^{mm}) et mieux armée que tous les rongeurs de grains, la cadelle au corselet presque carré, aux élytres nettement ponctuées et striées et d'un noir luisant, est assez commune dans les greniers du Protectorat (Pl. X, fig. 18).

Le régime alimentaire de cet insecte a fait l'objet de controverses : les auteurs la déclarent utile, indifférente ou nuisible, suivant les circonstances.

Latreille la déclarait nuisible; Kunckel d'Herculais accuse la larve d'attaquer les grains, mais réhabilite l'adulte, grand destructeur de Teignes; Mignone affirme qu'elle n'endommage pas les grains; Guenaux, qui a recueilli de nombreuses observations, la classe parmi les espèces utiles à l'état larvaire et à l'état adulte; pour Comte, elle est plus nuisible qu'utile; Roubaud et le Dr Feytaud admettent une solution intermédiaire : la cadelle est un carnassier qui ne dédaigne pas les graines auxquelles, certainement, elle cause d'appréciables dégâts.

Il est certain, disait OLIVIER, que larves et adultes mangent les chenilles des Teignes et Alucites et les larves des Calandres et que les grains de blé qu'elle perfore sont ceux habités par le Curculionide ou le Tinéide : c'est, en réalité, un très utile insecte.

Expérimentalement, les Cadelles larvaires ont détruit en quelques jours les Teignes et les chenilles de *Plodia* et n'ont pu vivre dans les bocaux garnis de grains sans parasites.

Mais il ne faut pas être absolu : faute de nourriture animale, la Cadelle peut fort bien — ainsi que l'affirment certains auteurs — s'en prendre aux grains et commettre des dégâts appréciables.

Temnochila coerulea Ol. mesure 11 à 18^{mm} et se distingue par sa coloration noire à reflets bleus. On trouve cet insecte dans les vieux bois, mais aussi, comme le précédent, dans les tas de grains.

LES BOSTRYCHES

Rhizopertha dominica F. délaisse parfois le bois, sa nourriture habituelle, pour s'installer dans toute denrée alimentaire desséchée : manioc, patates, racines, graines, farines, etc.

Le producteur nord-africain doit pouvoir le déterminer sans difficulté afin de prendre toutes dispositions utiles en vue de le combattre avantageusement.

C'est un petit insecte cylindrique, long de 2,5 à 3 millimètres. Sa couleur est jaune rougeâtre clair. Sa tête normalement cachée sous le prothorax présente des antennes de 10 articles, les trois derniers très grands, comprimés, subtriangulaires, couverts de petits poils. Labre tronqué en avant. Epistome séparé du front par une suture peu visible. Pronotum très bombé, plus long que large, portant sur son tiers antérieur des dents plus ou moins saillantes. Pattes petites à tibias denticulés. Tarses de cinq articles. Elytres 2 fois 1/2 plus longs que larges, arrondis en arrière, marqués de stries de gros points, sauf sur leur déclivité postérieure qui porte des granules cornés. Pygidium invisible de dessous.

Sa larve présente une remarquable analogie superficielle avec les larves de Lamellicornes. Elle est fortement courbée, son segment anal renflé, comprimé et ramené en dessous de l'abdomen. Sa tête est forte, brune, cornée. Ses mandibules sont longues et puissantes. Son front porte une touffe de pilosité brune. Ses segments thoraciques portent au-dessous six pattes articulées, brunes, bien développées. Stigmates prothoraciques bien visibles. Abdomen blanc, hérissé de soies brunes dans sa partie dorsale. Longueur 5 à 6^{mm} (Pl. X, fig. 6).

Il n'y a pas de parasite plus à redouter que *R. dominica* dans les greniers.

C'est avant tout un xylophage, un mangeur de bois : LESNE l'a vu taraudant le bois d'un arbre appartenant au genre *Quassia;* CORHAM l'a observé dans le bois des caisses à sucre; CHITTENDEN (1911) le signale dans le bois des caisses de riz importées aux Etats-Unis; VALÉRY-MAYET l'a trouvé dans le bois de réglisse; le Dr BILLET, dans les bois ouvrés du Tonkin; le Dr NORMAND, dans les nervures des feuilles desséchées du palmier dattier.

Mais c'est également un spermatophage dangereux : blé, orge, riz, maïs, etc., peuvent l'alimenter, le retenir et grandement faciliter sa multiplication. Il en est de même des patates sèches, du manioc, de la farine, des biscuits, de la rhubarbe, du papier, etc.

Mâles et femelles sont, à l'inverse des parasites précédents, plus dangereux que leurs larves. Ils attaquent un nombre considérable de grains, les perforent, les creusent, ne laissant que l'enveloppe, ne consommant en réalité qu'une infime partie de la farine qui s'en échappe et se mêle aux excréments parfois disposés en chapelet de deux à six boulettes.

Plusieurs centaines d'œufs sont pondus soit dans les grains entamés, soit sur les grains indemnes.

Dès leur éclosion, les larves, très agiles, pénètrent dans les grains brisés. Naturellement, les mangeures des adultes favorisent l'évolution larvaire.

La première larve est rectiligne; elle s'incurve au troisième âge et acquiert sa taille définitive à la quatrième mue.

Cinq générations s'échelonnent dans le courant de l'année, lorsque la température moyenne est comprise entre 20 et 28° C.

Trois ou quatre générations prennent place dans les greniers nord-africains.

LEPIDOPTERES DES GRAINS RECOLTES

L'ALUCITE

(*Sitotroga cerealella* Oliv.) (Pl. XI, fig. 1 à 4, 7, 8 et 14)

Calandres et Teignes, au sujet desquelles le producteur était à la fois habitué et désarmé, durent accepter, vers 1700, un comparse d'origine américaine dont le mode de vie et la rapidité de multiplication ne tardèrent pas à soulever l'opinion publique et à jeter la perturbation dans le marché des céréales.

En dépit d'un commerce régional et, partant, d'une propagation au ralenti, l'Alucite eut un retentissement aussi considérable et plus justifié, si on s'en rapporte à l'époque, que celui provoqué par la récente installation du Doryphore dans le Sud-Ouest de la France.

Chaque région supportait en effet ses parasites, et l'installation d'une espèce nouvelle — forme d'autant plus dangereuse qu'aucun frein et à plus forte raison aucun remède ne limitaient son action — était de nature à semer la panique dans l'Angoumois (contrée primitivement atteinte) et les provinces voisines [1].

Depuis cette époque, les greniers se sont enrichis de genres et espèces exotiques et le commerce des céréales, qui facilite les échanges parasitaires avec une inconcevable rapidité, finira par réunir les insectes du monde entier dans le plus petit silo de nos grands centres maritimes.

Description. — Microlépidoptère de la famille des Tinéides. L'adulte, qui rappelle par sa forme et ses dimensions la Teigne des fourrures, est d'un jaune clair; ailes antérieures étroites, pointues et frangées, d'un jaune grisâtre avec ombres, points noirs et reflets argentés; ailes inférieures gris cendré, diaphanes et longuement frangées; 5^{mm} de longueur, 8 à 13^{mm} d'envergure.

Cycle évolutif. — En mars-avril, de nombreuses alucites abandonnent nuitamment silos, greniers et abris d'hiver et, isolément ou par groupes, se posent sur les champs de céréales. Les femelles, placées sur les épis, insinuent leur ponte entre les feuillets protecteurs des grains laiteux ou pâteux. Soixante ou quatre-vingts œufs, disposés en paquets de 5 à 10, sont répartis sur le même épi ou sur des plants voisins.

Après une courte période d'incubation, les chenilles de première invasion prennent naissance. Elles sont rouges, comme les œufs dont elles proviennent, ténues et agiles. Aussitôt nées, elles perforent feuillet et cuticule, s'alimentent, muent, prennent une coloration blanchâtre, atteignent 6 à 7^{mm} et, dans le grain évidé, donnent une chrysalide d'un beau jaune paille qui laisse entrevoir les différentes parties constitutives de l'adulte.

Dans les circonstances les plus favorables (ponte hâtive sur les variétés tardives), une génération peut fermer son cycle et en amorcer un autre avant la moisson.

---

(1) Les Américains la désignent vulgairement sous le nom de « papillon de l'Angoumois).

Comme l'arrivée des alucites pondeuses s'échelonne sur plusieurs jours et même plusieurs semaines, il en résulte des degrés évolutifs divers : à la récolte, on trouve sur le même épi des jeunes, des larves adultes, des chrysalides.

Et voilà comment, le blé étant battu et rentré, l'Alucite retourne aux greniers, silos et autres points de départ.

Si le battage mécanique écrase larves et nymphes, il est à peu près sans action sur les jeunes larves, minuscules organismes abrités dans de fines galeries dont les parois résistent aux chocs les plus violents.

Les jeunes alucites larvaires pénètrent donc, avec le grain battu, dans les silos et greniers et leur cycle s'achèvera par la libération de nouveaux adultes.

Suivant que le blé est ensaché, mis en vrac ou en silo, les papillons, répartis à différentes hauteurs, éprouveront des difficultés diverses pour la perpétuation de l'espèce. Seuls les individus nés en surface ou pouvant aisément y parvenir s'accoupleront et seront à l'origine d'une génération nouvelle. Ceux qui éclosent dans les sacs ou dans les profondeurs des silos, ne le pourront qu'exceptionnellement.

Si le battage et l'emploi des tarares détruisent la majorité parasitaire, les silos, jouant un rôle passif, n'accordent à l'alucite que l'exploitation de la tranche supérieure, maigre prélèvement sur la masse emmagasinée.

Les adultes, nés dans les greniers ou silos, pondent, de concert avec la température, leurs petits œufs dans le sillon médian et, comme dans le cas des grains pâteux, les chenilles pénètrent tangentiellement, se dirigent vers l'embryon qu'elles rongent — arrêtant net la faculté germinative —, creusent le grain en respectant la cuticule et s'y nymphosent.

Plusieurs générations annuelles évoluent dans les greniers.

A ces considérations générales il faut ajouter deux modes de conservation et de multiplication du Tinéide : les gerbes mises en meules lui assurent un développement à marche rapide, même dans les parties centrales; les grains alucités semés en automne ne germent pas et conduisent le parasite à la forme parfaite, mais celle-ci ne peut que difficilement rejoindre les greniers et autres gîtes à nourriture et multiplication assurées.

En résumé. — L'alucite est à la fois parasite dans les champs et les greniers; chaque chenille n'évide qu'un grain; tout grain parasité ne peut germer, l'embryon étant rongé en premier lieu; l'altération, masquée pendant la période larvaire, n'est apparente qu'avec l'éclosion ou les évolutions des adultes; les mangeures sont urticantes et

le battage, faisant éclater les grains, les met en liberté sous forme de poussière irritant les yeux et les voies digestives des ouvriers; la valeur boulangère est amoindrie. L'alucite est moins redoutée qu'autrefois; l'emploi des moissonneuses-batteuses, les silos et les tarares l'ont fait disparaître des grandes régions céréalières; elle est toujours dangereuse dans les exploitations mal outillées ou opérant comme par le passé.

Moyens de lutte spécialement indiqués contre l'alucite. — Utilisation des moissonneuses-batteuses, des tarares et des silos; tararer sans retard ou pelleter énergiquement dès apparition des parasites; éviter la mise en meules.

LA TEIGNE DES GRAINS

(*Tinea grenella* L.) (Pl. XI, fig. 5, 6 et 12)

Description. — Petit papillon au corps grisâtre, 9 à 15 m/m d'envergure : ailes antérieures jaunâtres, plus ou moins marbrées de brun, de noir et de blanc, frangées; ailes postérieures blanchâtres, frange entrecoupée de bandes claires et foncées.

Chenilles allongées, jaune-ocre, 9 à 11mm; tête rouge-brun luisant; deux demi-cercles bruns, parallèles et interrompus au milieu, sur le premier segment.

Cycle évolutif. — Très anciennement connue, diversement nommée et redoutée des producteurs, la Teigne des grains est loin de commettre les déprédations qu'on lui imputait encore au cours du siècle dernier. A vrai dire, son parasitisme n'intéresse, lorsqu'il s'agit de blés en silos, qu'une tranche, insignifiante en surface. Mais la nature des dégâts, les milliers de chenilles rongeuses, les sécrétions de soie, les mangeures et excréments et les grains à demi-rongés forment un « tableau » travestissant quelque peu la vérité.

Les papillons naissent hors des tas de grains. Le moindre observateur en déduit que, ne pouvant fouir, ils doivent nécessairement confier leur ponte aux grains en surface. Les chenilles s'insinuent plus aisément, mais à partir d'une certaine profondeur, le poids et le tassement jouent et s'opposent à l'envahissement des couches sous-jacentes.

Ce qui est vrai pour les silos ne l'est plus pour les grains entreposés en vrac, pour les petites provisions et pour les tas ou masses dont la superficie ou plutôt la largeur et la longueur sont nettement supérieures à la hauteur; le parasitisme est encore plus redoutable lorsque le blé est étalé en couches de faible épaisseur.

Les œufs déposés sur les grains libèrent des chenilles filandières, voraces et mobiles. La jeune chenille chemine sur les grains et les ronge en partie, attaquant fréquemment le germe; elle sécrète des fils de soie blanche, les enroule autour des grains et construit une sorte de fourreau, véritable refuge en cas de danger.

Contrairement à l'alucite, qui vit à l'intérieur d'un seul grain, la Teigne en attaque plusieurs, les ronge plus ou moins profondément, les réunit, les pollue et, en un mot, gaspille plus qu'elle ne consomme.

Quelquefois, les grains en surface sont liés au point de former une croûte qu'on peut soulever d'une seule pièce.

Arrivées à leur taille définitive, les chenilles abandonnent les grains, grimpent le long des portes et des murs et se préparent à la nymphose. Elles se transforment dans un cocon, formé de soie et recouvert de parcelles de son, qu'elles accrochent aux cloisons, aux poutres, qu'elles glissent dans les fentes des murs, les fissures des boiseries.

Et les papillons qui en sortent insinueront leur ponte dans la tranche exploitée par les chenilles qui leur ont donné naissance.

J. DE JOHANIS cite de curieux méfaits de *T. granella* dans des moulures reliées par de la colle de pâte séchée.

Moyens de lutte spécialement indiqués contre la Teigne. — Comme la chenille vit en dehors des grains et dans une tranche accessible, les toxiques les plus divers, malgré l'enchevêtrement soyeux dans lequel a lieu l'évolution, l'atteignent aisément, l'aération, les pelletages fréquents et l'emploi du tarare gênent ou écrasent la forme larvaire.

INDIAN-MEAL MOTH

(*Plodia interpunctella* Hbn.)

Descrition. — Jolie pyrale mesurant 15 à 16 m/m d'envergure; les deux tiers postérieurs des premières ailes sont d'un rouge sombre à reflets métalliques; des zébrures noires en rompent la monotomie; le tiers antérieur est d'un jaune crème, très doux. Ailes inférieures jaune-grisâtre et franges gris-argenté. Tête lie de vin; thorax avec une bordure roussâtre et une tache jaune; abdomen uniformément gris.

Cycle évolutif. — Cette espèce a été observée pour la première fois, vers 1825, à Laybach (Luglyana), en Carniole sur les fruits de *Pinus pinea*. Depuis, les auteur l'ont signalée sur une foule de denrées alimentaires : pâtisseries, fruits secs, farine. F.C. WILLCOCKS l'a trouvée dans des grains détériorés, des fruits secs et même des fruits crus; il met en doute son parasitisme sur grains sains, exempts de blessure.

Sa polyphagie conduit donc la femelle sur les substances les plus diverses et assez souvent dans les greniers.

Contrairement à l'opinion émise par F.C. WILLCOCKS, *P. interpunctella* Hb. se développe normalement sur grains sains et ses chenilles commettent des dégâts comparables à ceux de la Teigne; grains légèrement rongés, réunis par des filaments soyeux, enchevêtrés, souillures diverses. Mais, circonstance aggravante, les grains sont *dégermés* et l'embryon est si proprement enlevé que l'opération paraît avoir été faite à l'emporte-pièce.

Aussi, son parasitisme, heureusement limité à quelques petits silos, est-il plus redoutable que celui des insectes précédents, chaque chenille, gaspillant plus qu'elle ne consomme, étant capable de dégermer des *centaines* de grains et de fausser toute prévision au moment de la levée.

L'adulte dispose de 300 à 350 œufs. Il les place sur les denrées alimentaires, les grains, les fuseaux de maïs. Il les loge peut-être sur les épis à grains pâteux ou dans les meules. S'il en est réellement ainsi, son parasitisme n'en est que plus dangereux et souffre la comparaison avec celui de l'Alucite ou de la Calandre du riz.

Ses chenilles, d'un blanc-jaunâtre à tête brune, mesurent 12^{mm} au moment de la transformation; celle-ci a lieu dans un cocon de soie blanche.

En résumé : *Plodia* est une pyrale polyphage; son aire de dispersion est très étendue; ses dégâts sont comparables à ceux de la Teigne; les grains sont dégermés; le parasitisme dans les champs ou les meules est possible.

INSECTES DE LA FARINE

COLEOPTERES

Plusieurs coléoptères se multiplient activement dans les moulins (*Calandra*, *Sylvanus*, *Rhizopertha*), mais le plus connu est le *Ténébrion meunier*.

TENEBRION MEUNIER

(*Tenebrio molitor* L.)

Description. — C'est une Ténébrionide de la tribu de Ténébrioninés au corps allongé, brun très foncé, assez brillant; élytres striés, corselet plus large que long, ponctué; antennes et pattes rousses; 15 à 16^{mm} de longueur; larve fauve-clair.

Cycle évolutif. — La larve, cylindrique, d'un fauve luisant, terminée par deux petits crochets, est connue sous le nom de ver de farine ou ver des meuniers; elle creuse des galeries dans la farine, galeries tortueuses qu'elle pollue d'excréments et cause des dommages sensibles dans les moulins et entrepôts. Cependant, les pêcheurs l'utilisent comme appât et les oiseleurs l'élèvent pour l'alimentation des espèces insectivores.

Il n'est pas rare de trouver la larve ou l'adulte du Ténébrion meunier dans le pain; quelques auteurs les recueillent sous les écorces pourries.

Tenebrio obscurus F., d'un noir mat et mesurant 14 à 16^{mm}, a le même régime alimentaire (Pl. X, fig. 12).

LEPIDOPTERES

TEIGNE OU PYRALE DE LA FARINE

(*Ephestia Kuehniella* Zel.)

Description. — Il s'agit d'une pyrale mesurant 1^{cm} de long sur 2^{cm}5 d'envergure; ailes antérieures grises avec taches noires et bandes brisées; ailes postérieures gris clair; chenilles teintées de rose; 1^{cm} de longueur (Pl. XI, fig. 9).

Cycle évolutif. — La femelle disperse ses œufs, les déposant dans les fentes des murs, sur les moulures des boiseries, dans la farine. Suivant les auteurs, elle produit 130 à 300 œufs; Hollrung cite un dépôt s'élevant à près de 700 œufs; ceux-ci, blanchâtres, sillonnés et bosselés, se distinguent difficilement des particules farineuses.

Les chenilles vivent aux dépens de la farine; elles creusent des galeries en tous sens et les étayent de soie; leurs excréments les polluent. Elles forment en quelques semaines, grâce à une abondante production soyeuse, des amas inextricables obstruant la tuyauterie, entravant le travail des machines.

Parvenues à leur état adulte, elles apparaissent avec une belle teinte rose, une tête jaune ou rouge-brique et mesurent 1^{cm} environ de longueur.

Elles recherchent alors un coin obscur, les fissures et les fentes du plancher, les sacs vides et se nymphosent dans un cocon de soie blanche; quand elles ne peuvent se libérer, la métamorphose a lieu dans la farine.

Plusieurs générations, trois à six suivant la température, s'enchevêtrent et s'échelonnent dans l'année.

Ephestia Kuehniella Zel. est polyphage : elle attaque avec la même intensité les graines les plus diverses, les pommes de terre récoltées, le cacao, les biscuits, le pain.

Mais c'est surtout le meunier qui la redoute, non seulement parce qu'elle avarie la farine, mais surtout par la menace constante d'obstruction de tuyautage et de machinerie, d'où nettoyages fréquents et arrêt du travail.

Ephestia elutella Hb., dont les ailes supérieures, d'un gris cendré avec semis de points bruns et deux bandes plus claires bordées de noir, la différencient de la précédente, mesure 16 à 18^{mm} d'envergure, et sa chenille, plus reconnaissable encore, est d'un jaune terne à tête brune.

Elle paraît plus polyphage que la précédente : pâtes, biscuits, tourteaux, chocolat, pain, fruits secs, herbiers, collections d'insectes.

Pyralis farinalis L. mesure 20 à 30^{mm} d'envergure et se présente avec des ailes antérieures brunes, agrémentées d'une bande médiane plus claire que limitent deux lignes blanches et sinueuses (Pl. XI, fig. 10).

Elle fréquente les moulins et les boulangeries et sa chenille se nourrit de farine, de son et de paille.

ARACHNIDES

Les Arachnides sont groupés avec les Insectes, le Myriapodes, les Crustacées et quelques classes de moindre importance dans le vaste embranchement des Arthropodes, subdivision réunissant les deux tiers environ des espèces animales connues.

On y range une foule d'êtres parmi lesquels les araignées, les scorpions et les acariens sont les plus connus (Pl. X, fig. 15 et 18).

Dans les greniers, les formes parasites sont rares, quelques-unes sont utiles. La plupart sont commensales.

L'arachnide le plus connu dans les réserves à grains est, sans contredit, un pseudo-scorpion du genre *chelifer*, dont les espèces sont communes sous les pierres, la mousse, les habitations (pince des bibliothèques). Il se nourrit de petits animaux, acariens et parasites divers, et son utilité est incontestable.

Carpoglyphus anonymus Hall. est un acarien commun sur les substances alimentaires : fruits secs, sucre, farine, fromage, pommes de terre avariées, etc...

Aleurobius farinae de Geer vit dans les mêmes produits : farine, fromage et fruits secs. Il pourrait attaquer les grains indemnes.

Glyciphagus domesticus de Geer et *G. spinipas* C. Koch. se retrouvent dans les fruits desséchés, le foin, la farine.

Tyroglyphus siro L. (mite du fromage) et *T. ovatus* Trop. évoluent sur une foule de substances et particulièrement sur la farine et fromages secs.

Pediculoides ventricosus est un auxiliaire vivant aux dépens des Lépidoptères et de l'Alucite en particulier. Au cours des battages tardifs, *Pediculoides* détermine chez l'homme des démangeaisons intolérables.

MOYENS DE LUTTE

A l'exception de *Calendra oryzae* et *Sitotroga cerealella*, dont la progéniture, née dans les épis, parvient dans les silos, et en dehors des battages tardifs, amorçant et facilitant les attaques en meule, et de toute altération ayant des origines diverses, les grains récoltés et battus sans retard sont sains et exempts de parasites.

Aussi, les procédés de défense sont-ils subordonnés au mode de récolte, à la présence de l'alucite et de la calandre tachetée et à un certain nombre de considérations résumées dans le tableau suivant :

Défense préventive.	Sitotroga et C. Oryzae sont inconnus.	*a*) Réserves ou silos neufs. *b*) Réserves ou silos ayant contenu des grains parasités. *c*) Réserves ou silos partiellement garnis de grains parasités.
	Sitotroga et C. Oryzae existent dans la région.	Mêmes cas que précédemment.
Lutte curative	Utilisation de cellules ou silos.	Moyens mécaniques. Moyens chimiques.
	Utilisation de réserves à grains diverses.	Mêmes moyens de lutte.

DEFENSE PREVENTIVE

La lutte préventive suppose l'emploi de la moissonneuse-batteuse ou, à défaut, le battage immédiat.

SITOTROGA CEREALELLA ET CALANDRA ORYZAE SONT INCONNUS DANS LA REGION

a) **Réserves ou silos neufs.** — Des grains sains et secs, mis en flacons fermés, se conservent indéfiniment.

En conséquence : minotiers, entreposeurs et colons évitent le parasitisme en logeant, *dès la moisson*, les grains dans un local neuf et isolé du milieu extérieur par des cloisons et fermetures étanches.

b) **Réserves ou silos ayant contenu des grains parasités.** — Dans ce cas — très commun en Tunisie — le parasitisme se propage par l'intermédiaire des grains conservés d'une année à l'autre; d'insectes trouvant dans les débris et mangeures une nourriture leur permettant de vivre plusieurs mois dans les cellules vides et d'attendre la rentrée de la nouvelle récolte; par les sacs et appareils non désinfectés ou nettoyés qui agissent dans le même sens; par les transvasements, mélanges et autres opérations.

Une cellule est primitivement envahie par des grains importés, des grains tardivement battus ou exposés à l'air.

Les grains sains, mis en présence de leurs parasites, sont immédiatement attaqués.

En conséquence, les intéressés éloignent le parasitisme en transformant les locaux en réserves ou silos neufs (*cas a*).

Les locaux doivent être nettoyés et désinfectés d'après le processus suivant :

1° Enlever et brûler les débris, bourres et poussières; cimenter fentes et crevasses, nettoyer les parois, le plafond et les crépir à la chaux, bouillie bordelaise, sulfate de fer; goudronner ou peindre les poutres, les portes, les fers à T; laver le parquet avec une solution concentrée de carbonate de soude; retourner et battre les sacs;

2° Brûler du soufre ou utiliser du tétrachlorure de carbone, de l'acide cyanhydrique ou autres insecticides et fermer hermétiquement portes et fenêtres en collant des bandes de papier le long des jointures; désinfecter les sacs, tarares, élévateurs, trémies;

3° Battre le grain immédiatement après la récolte;

4° L'emmagasiner sans retard, à température aussi basse que possible; fermer portes et fenêtres et coller de nouvelles bandes de papier.

Aucun parasite ne résiste à pareil nettoyage.

Aucun parasite ne peut forcer les ouvertures et attaquer le grain entreposé.

En d'autres termes : le local ayant contenu des grains parasités est tout simplement remis à l'état neuf.

c) **Réserves ou silos partiellement garnis de grains parasités.** — Il faut revenir au cas le plus simple (*cas a :* réserves ou silos neufs), soit en vendant le grain, soit en le transvasant dans une cellule, les autres cellules étant traitées comme précédemment (*cas b*).

SITOTROGA CEREALELLA ET CALANDRA ORYZAE EXISTENT DANS LA REGION

La défense ne dispose dans ce cas particulier que d'un moyen de lutte : le battage immédiat.

Grâce aux batteuses mécaniques et surtout aux moissonneuses-batteuses, l'Alucite a pour ainsi dire disparu des grands centres agricoles tunisiens.

Mais il faut battre de bonne heure. Dans le cas contraire, l'Alucite évidera de nombreux grains, donnera une deuxième génération plus dangereuse, puisqu'elle mettra en ligne un plus grand nombre d'individus et, en outre, rendra le battage ultérieur pénible, sinon impossible. En effet, les chocs ouvrent les grains et mettent en liberté une poudre urticante qui gêne les ouvriers, irrite les yeux, la peau, les voies respiratoires : malgré la morte saison, les ouvriers abandonnent parfois les chantiers de battage et permettent dès lors au parasite d'aggraver une situation déjà bien compromise par sa première descendance. *Pediculoides* s'associe souvent aux troubles produits par les poussières toxiques et les battages n'en sont que plus pénibles.

Battus au moment de la moisson, les grains, soumis à des chocs violents écrasant larves et nymphes, parviendront au silo avec un index parasitaire parfois négligeable.

Par la suite, la récolte alucitée sera curativement traitée.

Toute récolte alucitée doit être mise dans des cellules distinctes, fréquemment surveillées.

En Tunisie, l'Alucite, assez connue dans les silos et réserves des particuliers, est rare ou inconnue dans les grandes exploitations et silos coopératifs.

C. oryzae est encore plus rare. Sans être introuvable, le charançon du riz est loin de commettre des dégâts importants ou simplement comparables à ceux du papillon de l'Angoumois.

Aussi, les mesures générales — battages immédiats — donnent-elles, contre ce charançon, des résultats satisfaisants.

Quoi qu'il en soit, toute récolte parasitée dans les champs par *C. oryzae* et *S. cerealella* doit être ultérieurement traitée, le papillon et le charançon provoquant, dans le courant de l'année, des ravages d'un ordre élevé.

Les cas précédemment décrits 1*a*, *b*, *c*) peuvent se présenter; les mêmes moyens de défense leur seront opposés.

Enfin, il ne faut, *sous aucun prétexte*, mêler les grains nouvellement récoltés à ceux de la campagne précédente.

LUTTE CURATIVE

Aucune des précautions précédemment décrites n'a été prise. Dès sa première visite, le colon constate un index parasitaire plus ou moins élevé : des charançons se promènent sur les murs, des papillons volètent légèrement, les semences laissent dans la main une poudre impalpable ou des mangeures grossières et toxiques, la température des grains est élevée.

Divers moyens de lutte ont été préconisés. Ils font intervenir suivant les locaux, l'outillage et le volume des grains à préserver, des moyens mécaniques ou des produits chimiques.

UTILISATION DE CELLULES OU SILOS

Moyens mécaniques. — Les cellules d'un silo bien construit sont comparables à une série d'éprouvettes de laboratoire et les grains, emmagasinés à l'état sec, y sont à l'abri de l'humidité (qui, favorisant les fermentations, élève la température et aggrave l'index parasitaire) et des invasions de l'extérieur.

Aussi, est-il possible de transformer les cellules en « vases clos » et de lutter avec quelques chances de succès.

Deux cas extrêmes, entre lesquels les intermédiaires se donnent libre jeu, sont en présence :

a) toutes les cellules sont parasitées;

b) une seule cellule est atteinte.

Le dernier cas, sans contestation, est le plus intéressant à étudier :

manipulés sans précautions, les grains d'une cellule attaquée peuvent, en effet, propager leurs insectes dans les réserves indemnes.

Un simple apport, quelques quintaux parfois, sont fréquemment à l'origine d'une invasion générale.

Emploi des tarares. — Les insectes des grains récoltés redoutent les manipulations. Normalement, ils ont une zone d'action bien définies : les Coléoptères se multiplient surtout au fond des cellules, les Lépidoptères se maintiennent en surface. Toutefois, des circonstances diverses peuvent modifier quelque peu — surtout pour les coléoptères — les tranches occupées par leurs larves et adultes.

En conséquence, lorsqu'il s'agit de coléoptères, le nettoyage par le tarare ne comporte généralement que le traitement de la partie basse, la plus rapprochée des trémies : soutirer trois ou quatre quintaux de grains, les passer au tarare — qui brise les plus parasités, sépare le petit blé, les mangeures et les insectes — et les conduire dans une cellule nettoyée ou désinfectée.

Les grains traités récèlent encore, sous forme de petites larves, des parasites, mais l'index tombe à 50 et même à 25; autrement dit : la destruction opérée par les tarares est comprise entre 50 et 75 %.

Quelques soutirages, rationnellement espacés, désinsectisent automatiquement une cellule.

Mangeures et parasites, recueillis par le tarare, doivent être ébouillantés ou détruits par le feu.

Lorsqu'il s'agit de lépidoptères, seule la tranche supérieure doit passer au tarare.

Assez souvent, les deux catégories de parasites sont réunies et la désinsectisation de toute la masse par les moyens mécaniques s'impose.

L'utilisation du froid a fait ses preuves (voir Conclusion).

MOYENS CHIMIQUES

1° **Assécher les grains.** — Les grains humides fermentent, élèvent la température et facilitent la multiplication des parasites. Ce fait, observé dans tous les silos, est connu depuis longtemps.

Assécher les grains, c'est freiner l'évolution parasitaire, c'est annuler en partie l'une des causes de propagation.

Il suffit de jeter une poignée de chaux vive par quintal sur les grains mis en cellule — l'opération peut se faire au moment d'un transvasement par exemple — pour obtenir les résultats demandés : chute de température, abaissement du degré parasitaire.

2° **Emploi des vapeurs toxiques.** — Les gaz toxiques ont été employés avec plus ou moins de succès.

En principe, il ne faut utiliser le sulfure de carbone que dans des cas particulièrement contrôlés : ses vapeurs inflammables, formant un mélange explosif avec l'air, l'éloignent de la plupart des réserves, greniers et silos de la Régence. Le pouvoir toxique de ce produit est considérable, mais les dangers de son emploi sont tels qu'il est bon de s'adresser généralement à d'autres gaz ou à d'autres substances toxiques.

Le tétrachlorure de carbone, ininflammable, est à la fois moins toxique et plus cher que le sulfure de carbone. Il faut l'utiliser partout où l'emploi du sulfure est contre-indiqué.

Cependant, le pouvoir toxique de ces gaz est limité. Il serait imprudent, malgré la densité de leurs vapeurs, d'escompter une pénétration rapide, régulière, homogène et insecticide dans la masse des grains dont les vides sont par surcroît occupés par les mangeures et débris de toutes sortes. De plus, à moins de tripler ou quadrupler les doses habituelles, les larves logées dans les grains sont généralement à l'abri et, à moins d'une action toxique prolongée, leur rôle destructeur n'est nullement ou qu'imparfaitement arrêté.

Le tétrachlorure de carbone est indiqué contre tous les insectes qui ravagent la partie supérieure des cellules (Lépidoptères notamment). Suivant la température, il faut l'employer à des doses variables, et la dose varie selon la forme à combattre : papillons, larves ou nymphes. En bonne règle, il est bon de s'adresser exclusivement aux papillons au fur et à mesure des éclosions : dès lors, l'emploi de ce produit s'avère économique, efficace, pratique et sans danger. Cent à deux cents grammes de tétrachlorure de carbone par mètre cube (volume des interstices que laissent les grains entre eux, soit la dixième partie environ du cubage total) détruisent les adultes nouvellement formés et, si la fermeture est étanche, agissent pendant plusieurs jours. Il suffit de verser le toxique sur les grains ou sur un sac et de fermer hermétiquement la trappe supérieure pour obtenir le résultat escompté.

En opérant à cinq ou six reprises, à vingt ou trente jours d'intervalle, la désinsectisation peut être jugée suffisante au point de vue pratique.

Contre les Coléoptères qui vivent surtout à la base des cellules — et certaines cellules ont 15 à 20 mètres de profondeur — le tétrachlorure de carbone, en dépit de la densité de ses vapeurs, est inopérant : le toxique ne peut, en effet, traverser la masse compacte de grains saupoudrés de mangeures et pénétrer au delà de quelques mètres.

Lorsque le parasitisme est généralisé (apports successifs, étages de grains secs alternant avec des zones humides, transvasements sans contrôle, etc.), le tétrachlorure à la même dose, régulièrement versé sur des tranches de trois à quatre mètres de hauteur, a une action certaine. Mais il n'est pas toujours possible de concilier les manipulations habituelles avec les modalités de la lutte proprement dite.

Si les silos ne dépassent pas quatre à six mètres de hauteur, la lutte se présente, peu importe la nature des insectes à combattre, sous un aspect plus favorable.

Toutefois, il faut tétrachlorurer à plusieurs reprises et doubler les doses au printemps et en automne.

L'acide cyanhydrique, employé sous forme liquide, donne des résultats comparables, à des doses moindres : 2 grammes au mètre cube.

Le mélange tétrachlorure de carbone (6 volumes) et acétate d'éthyle (4 volumes) est ininflammable. Il a été avantegeusement employé à la dose de 1 kilo par mètre cube. Mais l'odeur détestable et persistante qu'il communique aux grains l'éloigne des greniers et silos.

Le méphitol cristallisé se prête mieux à la dispersion dans la masse. C'est une substance que les praticiens utilisent volontiers en raison de la facilité de son emploi. On peut fort bien jeter une poignée de méphitol cristallisé par quintal de blé en le mêlant aux grains happés par l'élévateur par exemple, ou répandre, en une seule fois, la quantité correspondance pour une tranche de dix à douze mètres cubes de grains mis en cellule. Cependant, il communique aux grains une odeur particulière qui ne disparaît que longtemps après le traitement.

La chloropicrine donne dans les conditions précédemment indiquées des résultats appréciables. Mais on ne peut aisément trouver ce toxique dans le commerce et son emploi nécessite l'usage de masques.

Pour les cellules des silos, il faut, en réalité, conduire les gaz nocifs au voisinage de chaque grain par l'intermédiaire de souffleries ou compresseurs. Des appareils de ce genre, insufflant les toxiques par la partie supérieure ou par le bas, suivant leur densité, ont donné des résultats appréciables.

Il faut, en d'autres termes, établir un courant de gaz insecticides traversant toute la masse de grains et récupérer ensuite le toxique.

Plusieurs opérations de ce genre, échelonnées sur deux ou trois mois, sont capables de désinsectiser partiellement et même totalement les cellules les plus parasitées.

UTILISATION DE RESERVES A GRAINS DIVERSES

Moyens mécaniques. — A l'heure actuelle, la Tunisie dispose de nombreux silos coopératifs et de silos appartenant à des particuliers ou à des banques.

Cependant, dans les lotissements nouveaux et dans les régions éloignées des grands centres commerciaux, les grains sont entreposés dans des locaux n'assurant qu'incomplètement leur préservation contre les rongeurs de toute nature.

Même dans les circonstances les plus aléatoires, l'agriculteur peut conserver ses grains et les soustraire à l'attaque des parasites les plus communs.

Il doit d'abord s'inspirer des pratiques ayant cours dans les grandes exploitations des colonies et notamment en Afrique équatoriale française. Le local utilisé en pareil cas est une simple tourelle en pisé et le mode opératoire est aussi simple que rapide : les grains sont immédiatement battus, séchés au soleil et versés dans la tourelle; à la partie supérieure, on étale une toile ou de la paille hachée sur laquelle on dépose une couche de 10 à 15 centimètres de sable; cependant, au fur et à mesure de la mise en place, la défense recommande l'emploi du sulfure de carbone (1 kilo pour 3 ou 4 mètres cubes de grains) ou de tétrachlorure de carbone.

Les colons du Centre africain réalisent en somme un dispositif rappelant une vulgaire cellule de silo et luttent dans des conditions analogues. Toutefois, la fermeture supérieure (sable) apporte une heureuse modification arrêtant net, peu importe leur nature, les parasites venant de l'extérieur.

Une construction de ce genre, mais considérablement réduite, édifiée à l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis, a donné des résultats positifs. De plus, un plan incliné placé à la base de la tourelle — plan incliné formant tamis — a permis l'évacuation automatique des mangeures et des parasites préalablement déposés avec les grains.

La préservation par le sable a sa raison d'être en toute circonstance; mais elle ne dispense pas le colon de l'emploi du tarare et des procédés chimiques précédemment énumérés.

Le dispositif imaginé à l'Ecole Coloniale d'Agriculture de Tunis (tamis inférieur) arrête l'insecte et tarit le parasitisme.

On peut encore construire des silos légers et économiques en briques ou en tole galvanisée. Les Américains ont lancé divers modèles répondant parfaitement aux desiderata des colons.

Moyens chimiques. — Il faut employer les mêmes produits et les mêmes doses. On peut leur adjoindre, lorsque les réserves à grains sont éloignées des bâtiments, le sulfure de carbone.

Dans les greniers ouverts ou difficiles à calfeutrer, il faut opérer de la manière suivante :

1° Placer sur les grains des récipients contenant surtout autant de fois 300 grammes de sulfure de carbone (ou 600 grammes de tétrachlorure) qu'il y a de mètres cubes de grains;

2° Recouvrir aussitôt d'une bâche imperméabilisée ou copieusement arrosée; border la bâche avec du sable fin pour éviter des pertes trop sensibles de toxique; laisser en place aussi longtemps que possible.

CONCLUSION

Battre immédiatement les grains, les sécher au soleil et les loger dans des silos nettoyés et désinfectés, c'est éloigner définitivement le parasitisme.

Si l'alucite et le charançon du riz amorcent l'attaque dans les champs, l'emploi des moyens mécaniques et de substances chimiques limitent les dégâts.

Les mêmes moyens de lutte sont préconisés dans les cellules, greniers ou locaux divers plus ou moins parasités.

La préservation par le sable est à envisager dans des cas particuliers; la désinsectisation par tamis à la base doit être étudiée en toute circonstance.

Il ne faut pas traiter lorsque la température du grain est inférieure à 12° C; n'utiliser le sulfure de carbone (inflammable et formant des mélanges détonnants) que loin des habitations.

L'emploi des basses températures, réalisé dans certains silos en France et à l'étranger, donne de très bons résultats. Il faudrait, pour lutter par l'intermédiaire du froid, apporter d'importantes modifications à quelques cellules — qui seraient des « cellules hôpital » — et utiliser des appareils dont le prix de revient paraîtrait exagéré à l'heure actuelle.

Enfin, on peut aménager, par l'intermédiaire de tubulures, un courant d'air qui, en hiver, abaisserait suffisamment la température des grains pour arrêter ou freiner la multiplication des parasites. Les grains ainsi refroidis conserveraient pendant plusieurs mois leur température et leurs ennemis n'auraient qu'une évolution ralentie, insuf-

fisante pour déclencher une attaque dangereuse en hiver, au printemps et souvent même au début de l'été.

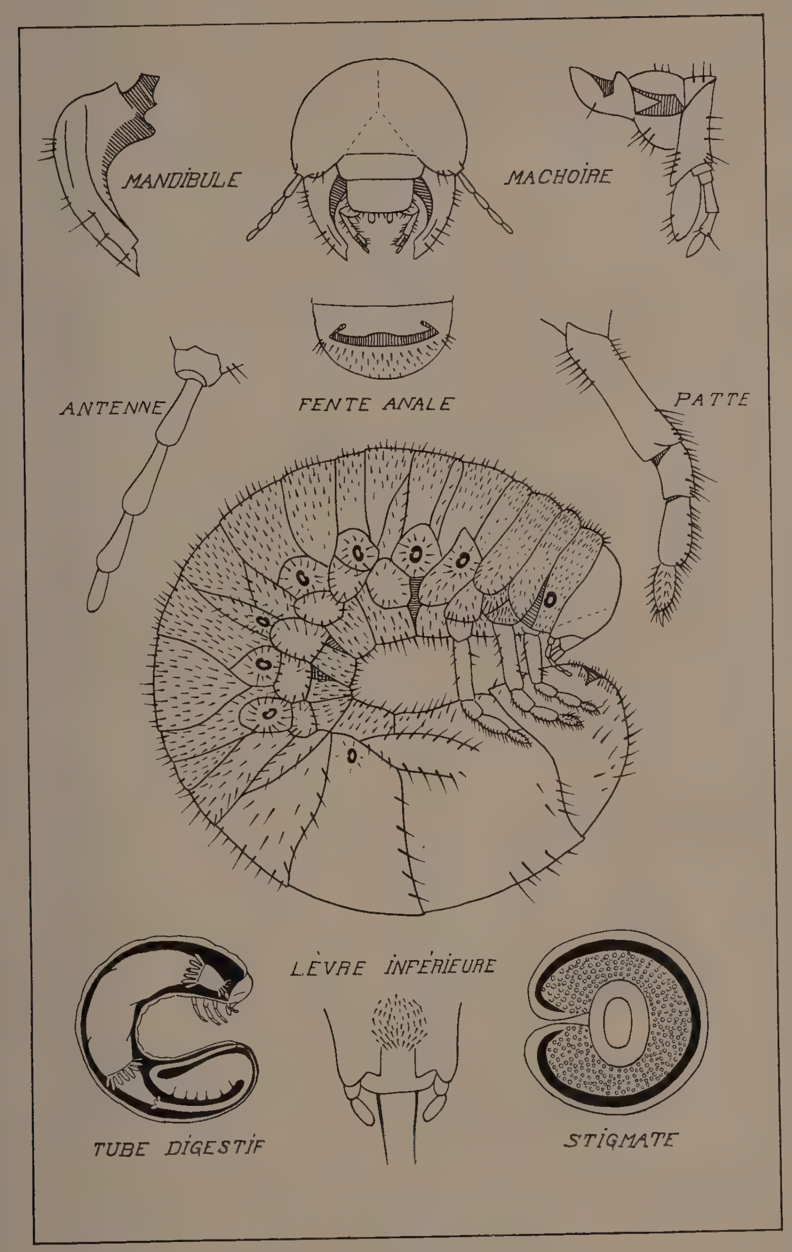
Maintenir les grains à de basses température, c'est arrêter le parasitisme, c'est réaliser un moyen de lutte nettement supérieur à tous ceux qui font intervenir l'emploi des gaz plus légers ou plus lourds que l'air.

Quelques cellules vont être aménagées à cet effet et fonctionneront dès le début de l'hiver 1935-1936.

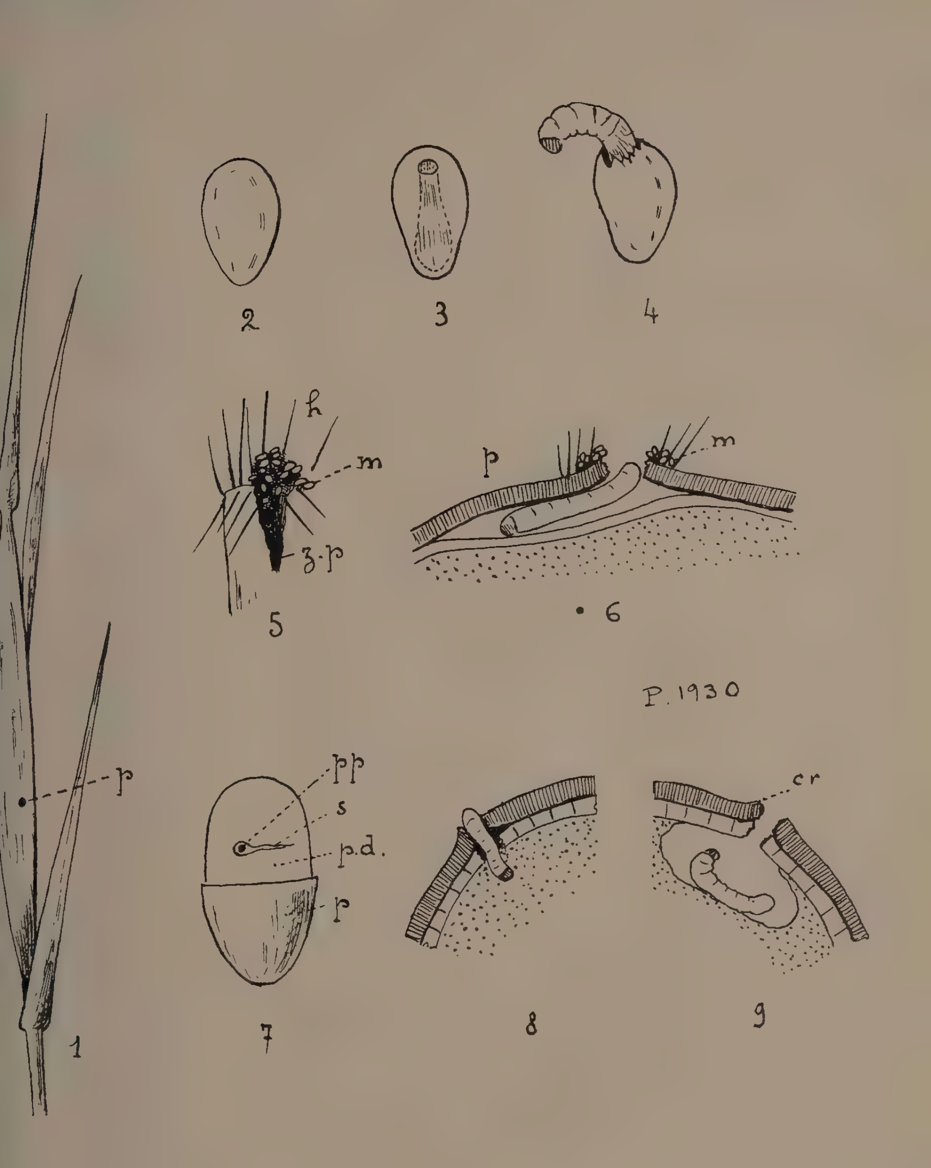


Photo Carrier (Béja).

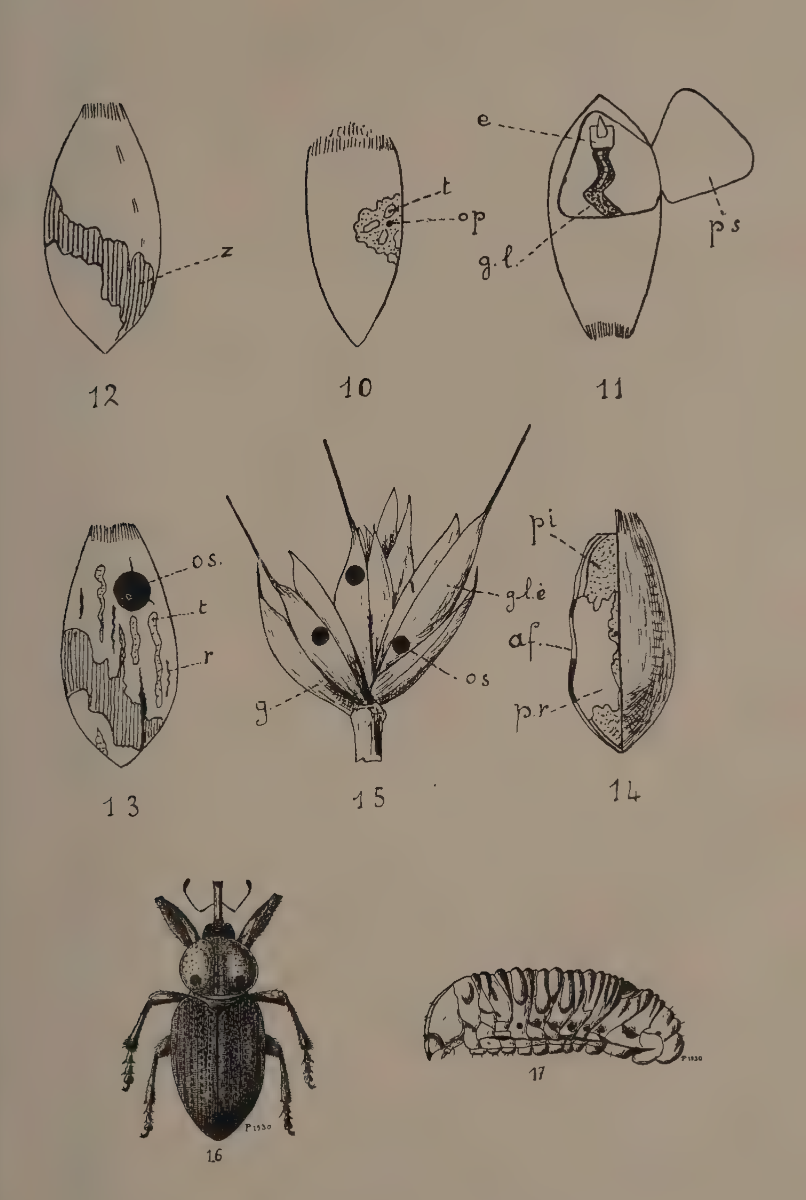
Ver blanc.


MANDIBULE
MACHOIRE
ANTENNE
FENTE ANALE
PATTE
LÈVRE INFÉRIEURE
TUBE DIGESTIF
STIGMATE

Ver blanc.



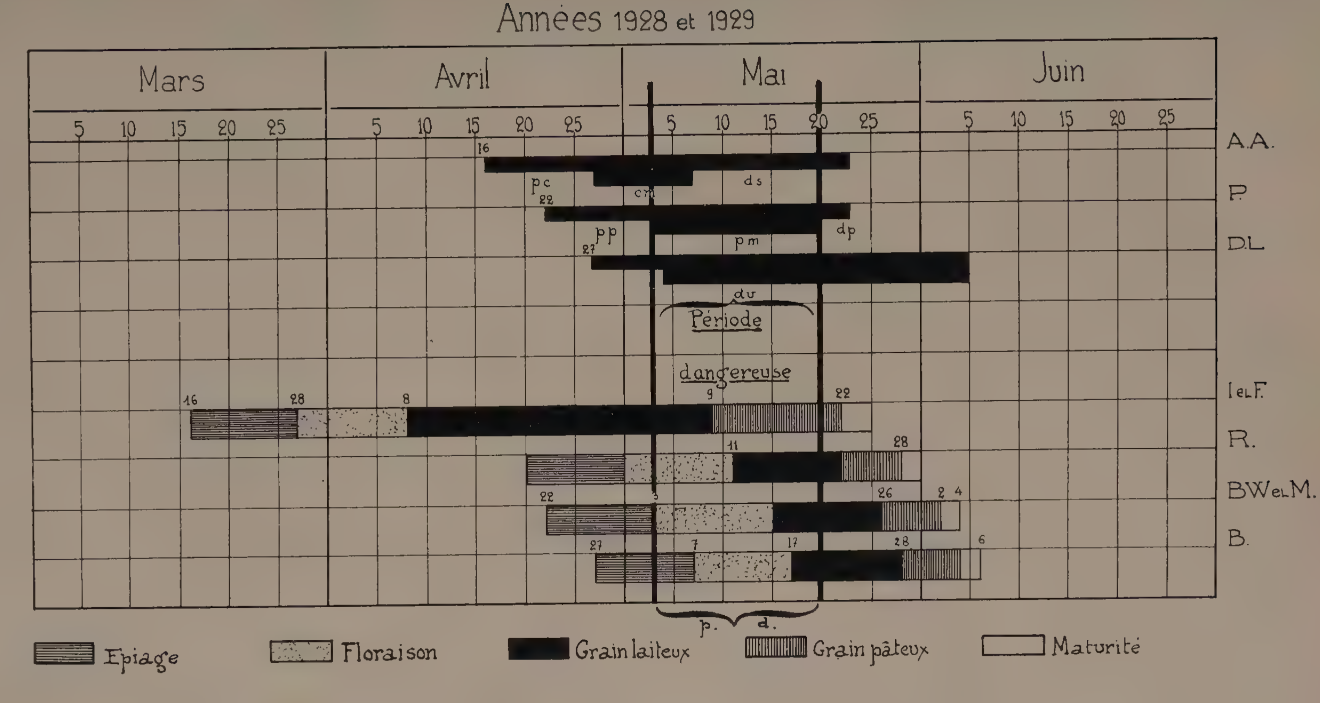
Grandeur naturelle



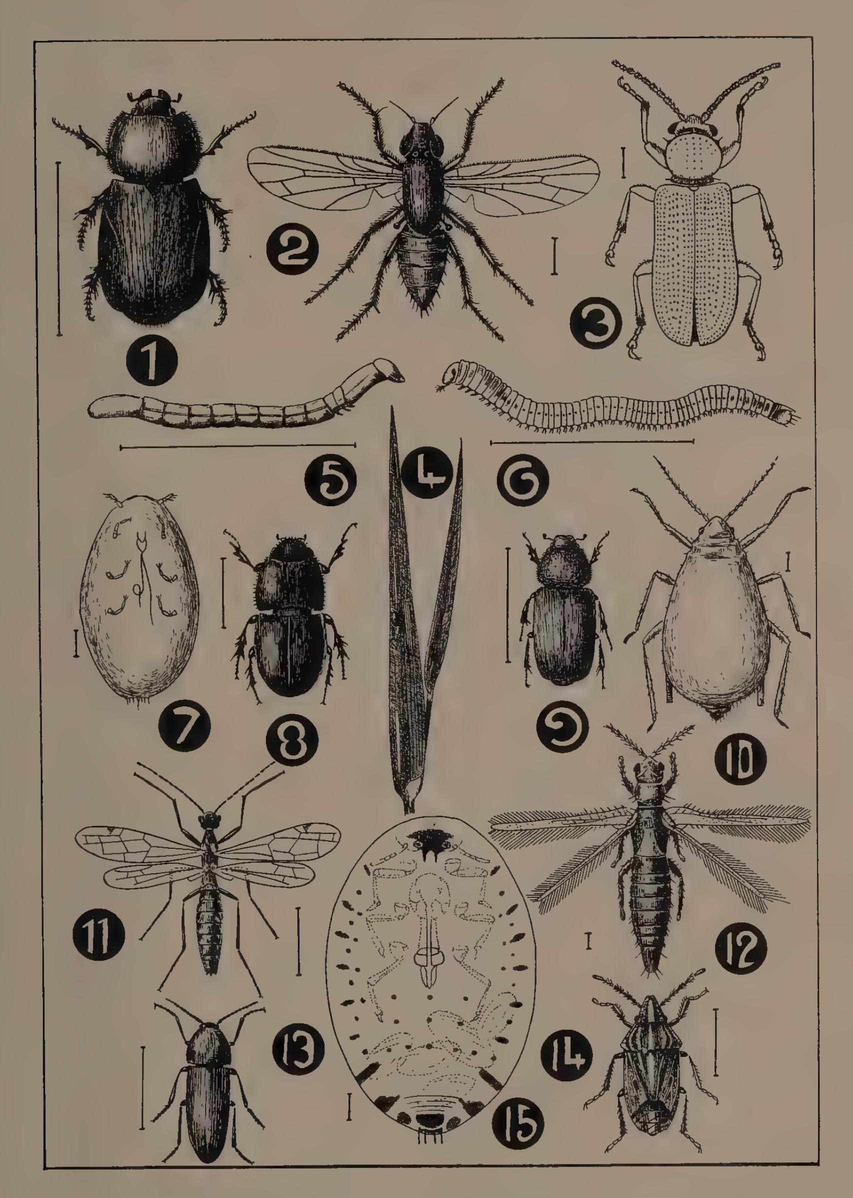
12 10 11

13 15 14

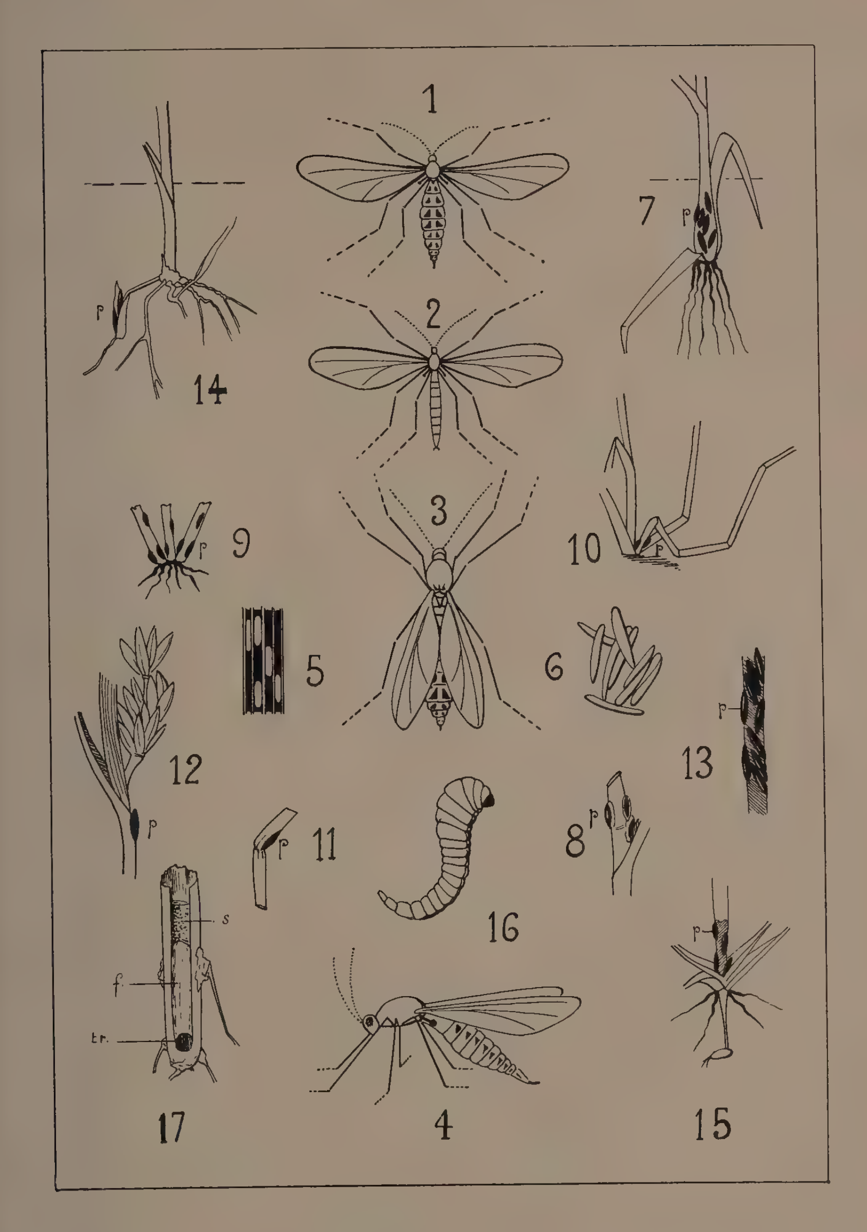
16 17



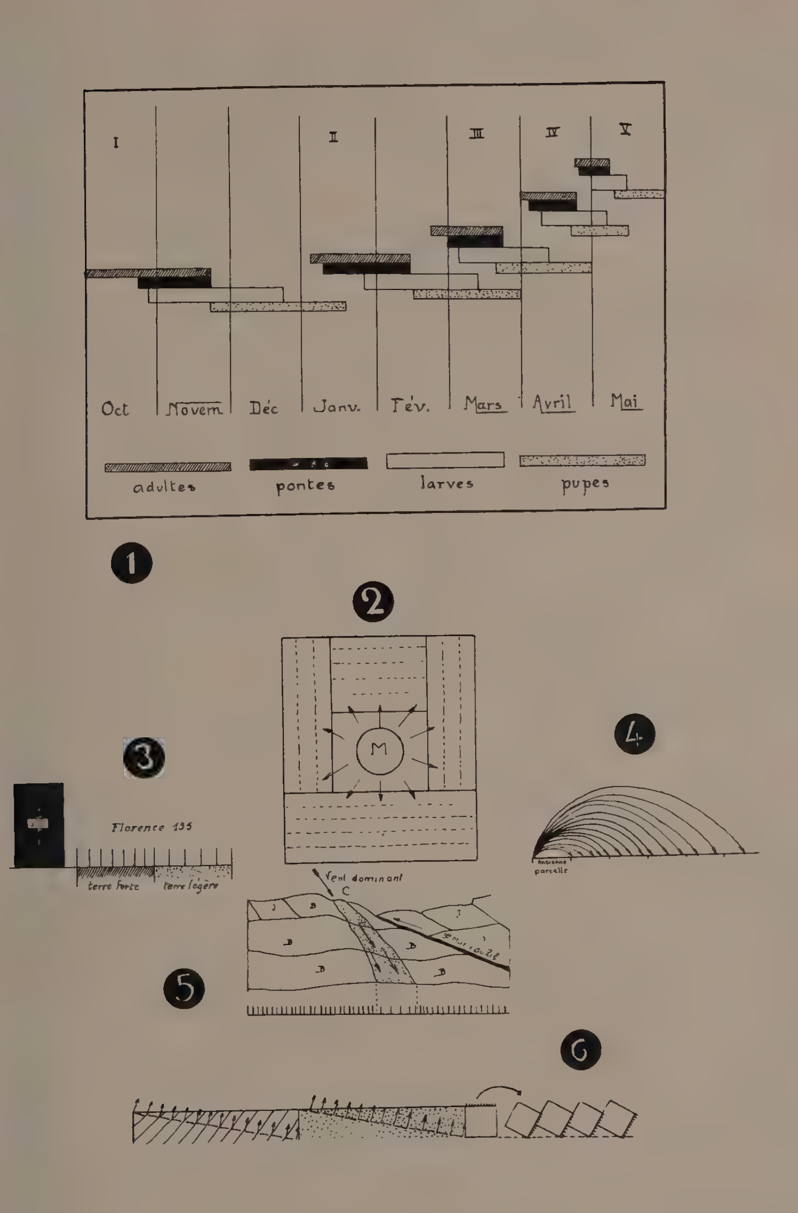
Pachytychius Avulsus. (Faust).



Parasites des épis, des tiges, des feuilles, des racines et des grains germés.

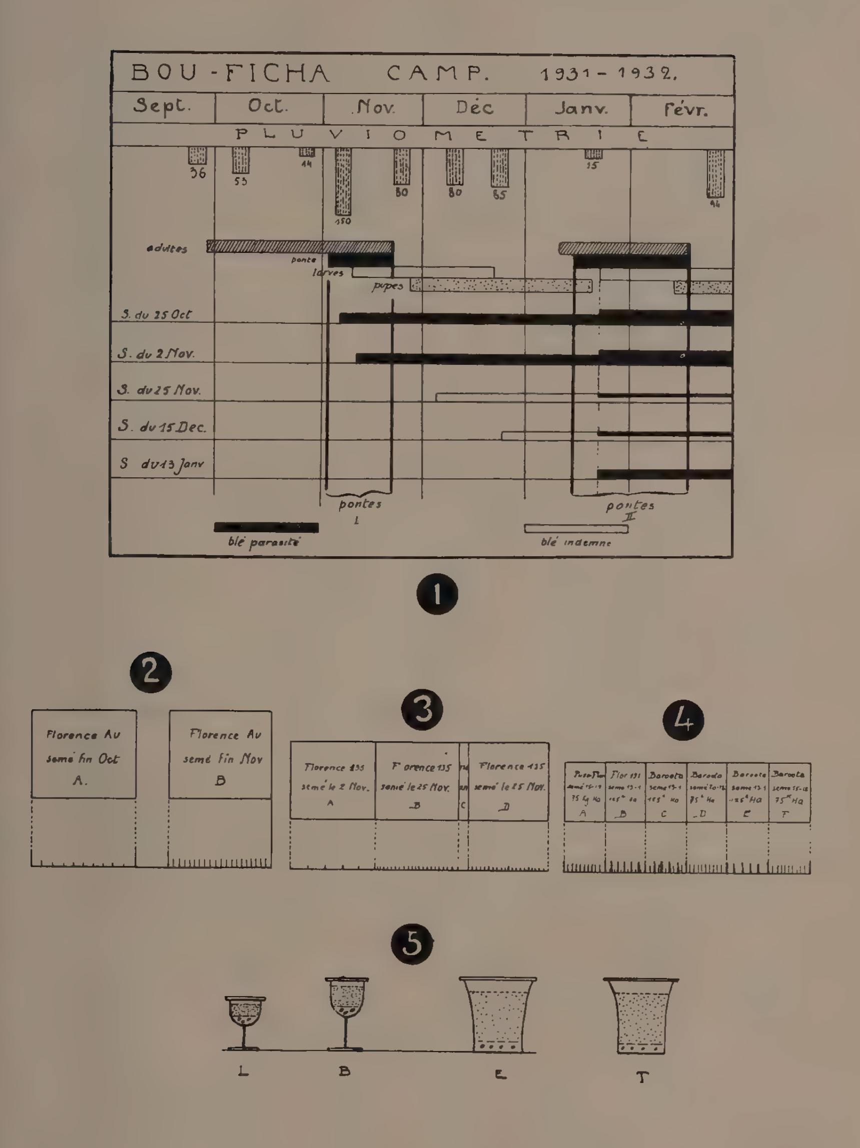


Cécidomyie et Cèphe.



I
II
III
IV
V
Oct
Novem
Déc
Janv.
Fév.
Mars
Avril
Mai
adultes
pontes
larves
pupes
1
2
M
3
Florence 135
terre forte
terre légère
4
5
Vent dominant
C
6

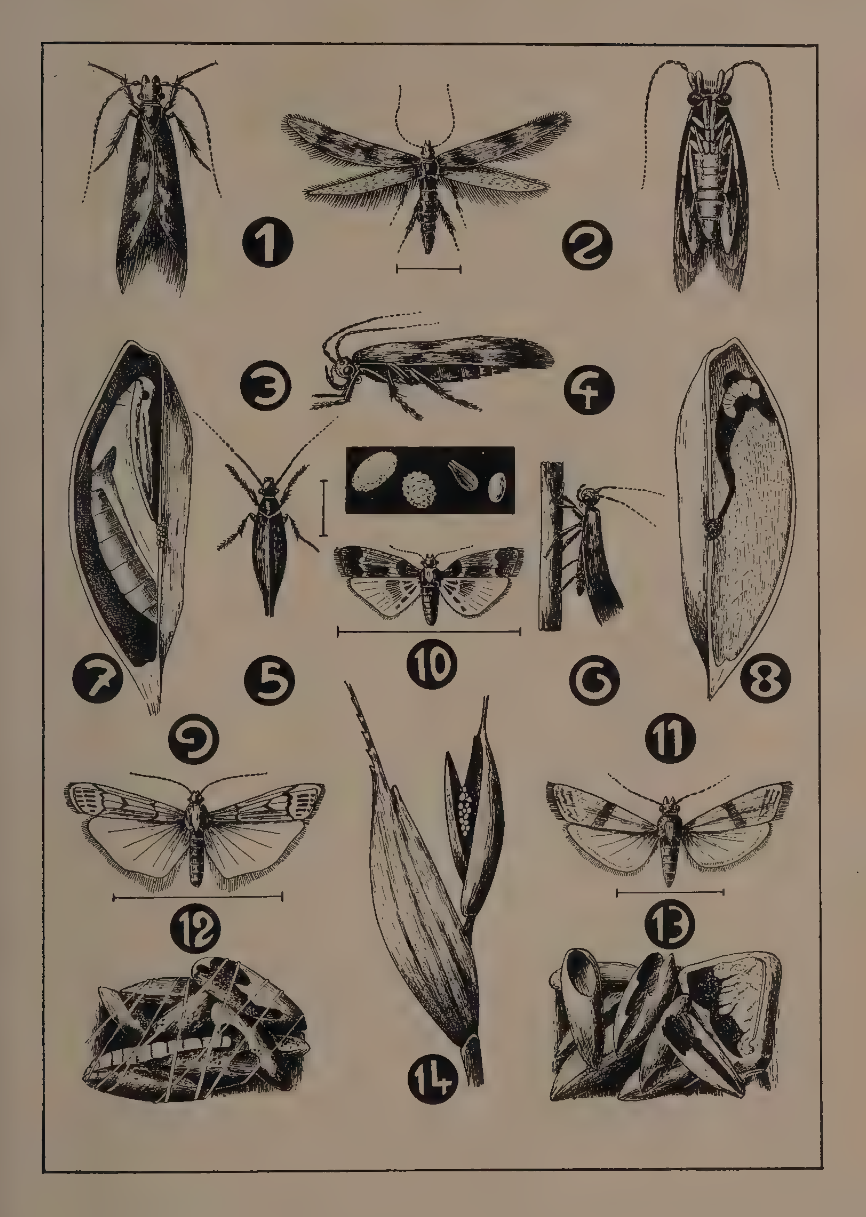
Cecidomyie.


BOU-FICHA CAMP. 1931 - 1932.
Sept.
Oct.
Nov.
Déc
Janv.
Févr.
PLUVIOMETRIE
36
53
44
150
80
80
85
15
94
adultes
ponte
larves
pupes
S. du 25 Oct
S. du 2 Nov.
S. du 25 Nov.
S. du 15 Dec.
S du 13 Janv
pontes
I
pontes
II
blé parasité
blé indemne
1
2
Florence Au
semé fin Oct
A.
Florence Au
semé fin Nov
B
3
Florence 135
semé le 2 Nov.
A
Florence 135
semé le 25 Nov.
B
C
Florence 135
semé le 25 Nov.
D
4
A
Flor 131
B
Baroota
C
Barodo
D
Baroota
E
Baroota
F
5
L
B
E
T

Cecidomyie.



Parasites des grains récoltés.



Parasites des grains récoltés.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I.

DÉGATS COMMIS PAR LES VERS BLANCS.

En haut : Taches de vers blancs dans les fèves.
Elles sont nettement visibles au premier plan.

En bas : Destruction des larves.

Equipe procédant au ramassage à la houe. Près des ouvriers se trouvent des seaux dans lesquels on place les vers récoltés; les vers blancs sont ensuite détruits par piétinement ou enfouissement.

PLANCHE II.

LARVE DE *Phyllognathus silenus* F.

Les Phyllognates sont très communs dans la banlieue tunisoise et en certains points de la Régence.

Leurs larves, énormes par rapport à celles des vulgaires Rhizotrogues, vivent aux dépens des racines de plusieurs végétaux.

On peut exceptionnellement les trouver dans la bourre ou lif des palmiers négligés, au milieu de débris formant terreau.

(Schémas de cours. Gross. divers).

PLANCHE III

Pachytichius avulsus Faust.

1 Ponte précoce en p.

2 Œuf fraichement pondu.

3 Œuf peu avant l'éclosion.

4 Eclosion.

5 Pénétration de la jeune larve dans un grain laiteux; z p, zone de pénétration; m, mangeurs; h, poils.

6 Pénétration tangentielle de la larve; p, péricarpe; m, mangeures.

7 Grain dont la moitié supérieure à été dépouillée de son péricarpe p.; en p. p., point de pénétration; en s, sillon de pénétration tangentielle; p. d., partie dénudée.

8 Pénétration directe.

9 Pénétration directe suivie de la formation d'une ampoule ou chambre de retournement.

(Schémas de cours. Gross. divers).

PLANCHE IV.

Pachytichius avulsus Faust.

10 Première marque extérieure du parasitisme : zone affaissée avec, au centre un orifice de pénétration o. p.; en t, taches claires.

11 Grain laiteux dont une partie du tégument, p s, a été découpée et déjetée pour découvrir la galerie larvaire, g l, conduisant le parasite à l'embryon, e, qui sera rongé.

12 Grain pâteux, présentant une zone, z, de couleur brune délimitant les dégats du parasite.

13 Grain mûr avec une zone comparable à celle précédemment décrite avec, en plus, des taches longitudinales, des stries, r, et l'orifice de sortie, os, de la larve.

14 Grain mûr dont un quartier a été enlevé pour monter les dégats de *Pachytichius larvaire :* a. f., partie affaissée; p. i., partie indemne; p. r., partie rongée dans laquelle se trouve la larve.

15 Epillets avec orifices de sortie, os, larvaire.

16 *Pachytichius avulsus* adulte.

17 *Pachytichius avulsus* larvaire.

(Schémas de cours. Gross. divers).

PLANCHE V.

Cycle évolutif de *Pachytichius avulsus* Faust et développement de quelques variétés de céréales.

A A Apparition des adultes à partir de mi-avril jusqu'à fin mai; p. c., premières captures; c. m., captures massives; d. s., dernières captures.

P Ponte à partir de la troisième semaine d'avril jusqu'à fin mai : p. p., premières pontes; p. m., pontes massives; d. p., dernières pontes.

D L Développement larvaire à partir de fin mai jusqu'au début de juin.

I et F Développement de l'Irakié et du Florence 135.
R Développement de la Richelle 110.

B W et M. Développement du Baroota-Wonder et du Mahon.
B Développement du Biskri.

PLANCHE VI.

Parasites des épis, des tiges, *des* feuilles, des racines et des grains germés.

1 *Phyllognathus silenus* F.

2 *Hylemyina coartata* Fall. (d'après Comte).

3 *Lema melanopus* L. (d'après L. Mesnil).

4 Dégâts de *Lema* (d'après L. Mesnil).

5 *Iulus mediterraneus* Lotz.

6 *Iulus punctatus* Leach.

7 *Micrococcus similis* (d'après Comte).

8 *Hybalus biggibber* Reitt.

9 Rhizotrogue.

10 Puceron aptère.

11 *Cephus tabidus* Fabr.

12 Thrips (ailes déployées).

13 Elateride.

14 *Ælia acuminata*.

15 Puceron de Djeradou.

(Auteurs divers).

PLANCHE VII.

Mayetiola destructor et *Cephus*.

1 Cécidomyie femelle, ailes déployées.

2 Cécidomyie mâle, ailes déployées.

3 Cécidomyie femelle, au repos.

4 Une attitude de la Cécidomyie femelle.

5 Pontes entre les nervures.

6 Amas d'œufs extraits par pression abdominale.

7 Pupes, p, à la base d'une tige.

8 Pupes, p, enchassées dans une excroissance cellulaire formée au voisinage d'un nœud (sur orge).

9 Eteules montrant, rassemblées, les pulpes estivales, p.

10 Chaumes coudés par l'action parasitaire de la larve, en p, pupes.

11 Chaume coudé à 15 ou 20cm du collet; en p, pupes.

12 Pupe, p, exceptionnellement logée à la base d'un épi à tige naine (30 à 35cm de hauteur).

13 Réunion de pupes formant bracelet à la partie inférieure d'une tige dont les gaines ont été enlevées.

14 Pupes, p, paraissant fixées sur les racines.

15 Pupes, p, à la base des tiges.

16 Larve de *Cephus* extraite d'une tige.

17 Section longitudinale d la base d'une tige découvrant le fourreau soyeux, f, dans lequel hiverne le parasite, le tampon protecteur, s, et l'orifice de sortie, tr. de Cephus.

(Schémas originaux).

PLANCHE VIII.

1 Cycle évolutif en Tunisie. — Cinq générations annuelles, six parfois (trois ou quatre lors des printemps secs) ravagent les céréales.

2 Rôle joué par le vent. M — réservoir à cécidomyies — déverse, par temps calme, ses parasites dans toutes les directions.

3 Modification de l'index vigueur apporté par la pluviométrie exceptionnelle qui a lessivé certaines terres (Pluviométrie arrêtée le 1er janvier à 499m/m4). L'index parasitaire est plus élevé dans les terres légères.

4 Rôle joué par l'éloignement.

5 Rôle joué par le vent dominant. Le vent prélève les cécidomyies dans le réservoir C et les disperse de haut en bas, direction indiquée par les flèches. La puissance et la densité végétatives (vues en coupe) précisent son rôle dans la propagation parasitaire.

6 Rôles joués par les labours et la nature du sol. A gauche, terre forte ne livrant qu'un faible contingent parasitaire. Au centre, terre légère s'opposant moins à la sortie des adultes. A droite, rôle joué par un labour moyen.

PLANCHE IX.

1 Cycle évolutif de la première génération de la cécidomyie destructive et début de la deuxième.

2 Rôle joué par la date des semailles en ne tenant compte que d'une variété : Florence-Aurore.

3 Rôle joué par la date des semailles en tenant compte d'une seule variété : Florence 135.

4 Rôle joué par la date des semailles en tenant compte de plusieurs variétés : Pusa-Florence, Florence 135 et Baroota.

5 Expérience des trois verres. L, verre à liqueur; B, verre à Bordeaux; E, verre à eau; T, verre témoin.

PLANCHE X.

Parasites des grains récoltés.

1 *Calandra oryzae*, L.

2 Larve de *C. oryzae* dans un grain de blé.

3 *Calandra granaria*, L.

4 Larve de *Tribolium* (à gauche), de Cadelle (à droite); à gauche œufs de cadelle; à droite, œufs de *Tenebrio*.

5 *Alphitobius diaperius*, Panz.

6 *Rhizopertha dominica*, Fab.

7 *Tribolium ferrugineum*, Fab.

8 *Trogosita mauritanica*, L.

9 *Carpophylus dimidiatus*, Fab.

10 *Alphitophagus 4 pustulatus*, Steph.

11 *Attagenus annulifer*, Cast.

12 *Tenebrio obscurus*, Fab.

13 *Trogoderma versicolor*, Creutz.

14 *Lasioderma serricorne*, Fabr.

15 Acarien, forme banale.

16 *Cerandria cornuta*, Fab.

17 *Palorus subdepressus*, Woll.

18 *Chelifer* ou pseudo-scorpion.

19 *Lœmophleus ferrugineus*, Steph.

20 *Silvanus Surinamensis*, L.
Au-dessus, dans un évidement ovoïde, pupe de *Calandra granaria* (d'après F. V. Willcocks).

PLANCHE XI.

PARASITES DES GRAINS RÉCOLTÉS.

1 *Sitotroga cerealella* (Alucite) au repos.

2 Alucite, face ventrale.
Entre 1 et 2, Alucite aux ailes déployées.

3 Alucite, vue de profil.

4 Dans le rectangle noir et de gauche à droite : œufs de *E. kuehniella*. *E. elutella*, *Sitotraga* et *Plodia*.

5 Teigne des grains, vue dorsalement.

6 Teigne des grains, vue de profil.

7 Nymphe de *Sitotroga* dans un grain.

8 Chenille de *Sitotroga* creusant sa galerie.

9 *Ephestia kuehniella*, Zeller.

10 *Pyralis farinalis*, L.

11 *Plodia interpunctella*, Hübner.

12 Chenille et dégats de la Teigne.

13 Dégats de *Plodia*, *Tinea*, *Sitotroga*.

14 Ponte de l'Alucite sur les épis.

(Fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 et 14 d'après Doyère; 4, 9, 10 et 11, d'après F. C. Wilcocks.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES

PUBLICATIONS DU SERVICE BOTANIQUE

Annales du Service Botanique et Agronomique

T. VII (1930), 238 p., 3 planches.......... 60 »
— VIII (1931), 454 p., 15 pl. en coul., 2 pl. noires, 5 graph. 6 cartes. 100 »
— IX (1932), 272 p., 16 planches.......... 60 »
— X (1933), 230 p., 13 planches.......... 60 »
— XI (1934), p., planches.......... 60 »

Brochures

J. V. AMIABLE (1927). — *Mesure de la Radiation solaire reçue sur une surface normale pendant les années agricoles* 1924-25 *et* 1925-26 *au Service Botanique de Tunisie*.......... 0 50

F. BŒUF (1909). — *Observations biologiques qui peuvent être faites sur les plantes récoltées au cours des herborisations.* 1 »

— (1911). — *Cultures expérimentales de sortes pures de céréales*.......... 1 »

— (1913). — *Polymorphisme du « Chrysanthemum coronarium*.......... 0 50

— (1914). — *Enquête sur la culture des céréales dans la région Nord de la Tunisie*.......... 2 »

— (1923). — *Les Blés en Tunisie*.......... 2 »

— (1926). — *Contribution à l'étude du Blé dur*.......... 5 »

F. BŒUF et J. V. AMIABLE (1927). — *Evaluation du coefficient de transmission de l'atmosphère pour la radiation solaire*.......... 0 50

F. BŒUF (1929). — *Quelques caractères particuliers de l'agriculture tunisienne (cultures annuelles) déterminés par le climat*... 2 »

F. BŒUF, M. MATWEEF et SÉGUÉLA (1930). — *Valeur boulangère des Blés tendres cultivés en Tunisie*.......... 3 »

F. BŒUF et CH. CHABROLIN (1930). — *Action de la gelée sur les céréales à l'époque de l'épiaison*.......... 4 »

F. BŒUF (1931). — *Le Blé en Tunisie*. Vol. I. — *La plante. — Le milieu physico-chimique* (*Annales du Service Botanique et Agronomique*, T. VIII).......... 100 »

— Vol. II (1933). — *Les ennemis du Blé* (*Annales du Service Botanique et Agronomique*, T. XI).......... 60 »

— (1933). — *La photosensibilisation des organismes*...... 3 »